

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÍ**

**NÁVRH SPORTOVNÍ KOLEKCE S UV  
DOZIMETREM**

**DRAFT SPORTS COLLECTION WITH UV  
DOSIMETER**

## **Poděkování**

Děkuji především vedoucí své diplomové práce Ing. Martině Víkové, Ph.D. za hodnotné rady a ochotu při vedení této diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala panu Doc. Ing. Michalu Víkovi, Ph.D. za odborné rady v průběhu realizace práce.

Dále děkuji paní Martině Čimburové a Ing. Janě Čandové za užitečnou a praktickou pomoc při realizaci diplomové práce, Mgr. Janu Hegerovi za odbornou pomoc při vytvoření sítotisku a firmě ALPINE PRO, a.s. za poskytnutí zkušebních materiálů a sportovních oděvů pro realizaci tisku. Děkuji také všem účastníkům, kteří se podíleli na vizuálním posouzení diplomové práce.

V neposlední řadě patří poděkování mé rodině a blízkým za jejich podporu, bez které by tuto práci nebylo možné uskutečnit.

## Abstrakt

Diplomová práce se zabývá návrhem a realizací fotochromních potisků na sportovní kolekci pro firmu ALPINE PRO, a.s. Práce zjišťuje vhodnost textilních materiálů od firmy ALPINE PRO, a.s. pro potisk fotochromními a stálými pigmenty. Dále se zabývá vizuálním posouzením fotochromních systémů, jako senzoru pro monitorování intenzity UV záření a porovnáním stálých a fotochromních pigmentů a jejich shodnost vybarvení podle šedé stupnice.

Teoretická část práce shrnuje poznatky z oblasti dozimetrie, některé druhy dozimetrů a dosavadní poznatky v této oblasti. Dále je zpracováno téma fotochromismus a fotochromní sloučeniny. Je vysvětlen princip barevného prostoru CIE, vliv UV záření na lidský organismus, textilní materiály a možný způsob ochrany před ním. Dále se zabývá shrnutím informací o UV záření.

Předmětem experimentální části diplomové práce je návrh a realizace UV dozimetru pro sportovní kolekci. V experimentální části je popsána výroba vzorků a zjištění vhodnosti textilních materiálů pro tisk. Dále je provedeno subjektivního hodnocení změny barevné odchylky v závislosti na vzdálenosti od zdroje UV osvětlení pomocí skupiny pozorovatelů. Stálé pigmenty jsou v potisku obsaženy ve třech odstínech („high“, „mid 16“, „low“). Tyto tři stálé odstíny odpovídají zbarvení fotochromních barviv pod různou intenzitou UV záření. Následuje zpracování dat a vyhodnocení senzorického systému pro komerční použití. Dalším předmětem experimentální části je vypracování technologických listů pro výrobu navržených senzorických systémů.

V závěru je provedeno vyhodnocení vizuálního posouzení barevné shody, zhotovení potisků a vhodnost textilních materiálů a návrh studia dalšího postupu.

## **Abstract**

This diploma thesis deals with design and implementation of photochromic printing on sport collection for the company ALPINE PRO, a.s. The work investigates the suitability of textile material from ALPINE PRO, a.s. for printing photochromic and stable pigments. It also deals with visual assessment of photochromic systems, such as a sensor for monitoring the intensity of UV radiation and comparing fixed and photochromic pigments and their consistency by coloring gray scale.

The theoretical part of thesis summarizes the findings of dosimetry, some types of dosimeters and current knowledge in this area. Furthermore, it described the photochromic and photochromic compounds. It explains the principle of the CIE color space, the effect of UV radiation on the human body, textile materials and possible ways of protection against him. It also deals with summary information of UV radiation. The object of the experimental part of the thesis is the design and implementation of UV dosimeter for sports collection. The experimental part describes the preparation of samples and ensure suitability for textile printing. It is a subjective assessment made changes color variations depending on the distance from the source of UV light through a group of observers. Permanent pigments are printed out in three shades („high“, „mid 16“, „low“). These three permanent shades match the color of the photochromic dyes under different intensity UV radiation. Following processing and evaluation of the sensory system for commercial use. Another object of the experimental part of the elaboration of technological sheets for the production of the proposed sensor systems.

In conclusion the evaluation of the visual assessment of color matching and making prints of textile materials and the suitability of a proposed study further action.

**Klíčová slova**

Dozimetrie, senzor, UV záření, oděv, textilie, sportovní kolekce, fotochromismus, fotochromní pigmenty, receptury.

**Key words**

Dosimetry, sensor, UV radiation, clothing, textiles, sports collection, photochromism, photochromic pigments, recipes.

## Obsah

Zadání .....	2
Prodloužení studia .....	3
Prohlášení .....	4
Poděkování .....	5
Abstrakt .....	6
Klíčová slova .....	8
Obsah .....	9
Seznam zkratk a symbolů .....	12
Úvod .....	14

## I. Teoretická část

1. Cíl diplomové práce .....	15
2. Dozimetrie .....	15
2.1 Ionizující záření .....	15
2.2 Dozimetrické metody .....	16
3. Druhy dozimetrů .....	18
3.1 Radiofotoluminiscenční dozimetry (RPL) .....	18
3.1.1 Způsob vyhodnocení RPL dozimetrů .....	18
3.2 Filmové dozimetry .....	19
3.3 Termoluminiscenční dozimetry (TLD) .....	20
3.3.1 Luminiscence .....	20
3.4 Ionizační integrální dozimetry .....	21
3.5 Tužkový dozimetr .....	21
4. Designové UV senzory slunečního záření .....	22
4.1 Náramek Smartsun .....	22
4.2 Fotochromatické korálky .....	22
4.3 Přívěšek na klíče .....	23
4.4 LED obrazovka .....	24
4.5 UV hodinky .....	25
4.6 Mobilní UV hodinky .....	25
5. Porovnání textilního UV dozimetru a desénových UV senzorů .....	26

5.1 Textilní UV dozimetr .....	26
5.2 Designové UV senzory .....	26
6. Fotochromismus .....	27
6.1 Reverzibilní fotochromismus .....	27
6.2 Ireverzibilní fotochromismus .....	27
7. Fotochromní sloučeniny .....	28
7.1 Základní požadavky na ideální organické fotochromní sloučeniny .....	29
8. Barevní prostor CIE XYZ .....	29
9. Barevný prostor CIEL*a*b* .....	31
10. Vnímání barvy lidským okem .....	32
11. UV záření a vliv slunečních paprsků .....	34
11.1 Koncentrace atmosférického ozonu .....	35
11.2 Oblačnost .....	36
12. Zdroje UV záření .....	36
13. UV záření a jeho vliv na lidský organismus .....	37
13.1 Negativní účinky UV záření na pokožku .....	38
13.2 Negativní účinky UV záření na oči .....	39
14. Ochrana proti UV záření .....	40
14.1 Ochrana prostřednictvím fototypu .....	40
14.2 Ochrana oděvem a doplňky .....	41
14.3 Ochrana vyjádřena pomocí UV Indexu .....	41
14.3.1 UV index .....	42
15. Účinky UV záření na textilní materiály .....	43
15.1 Faktory ovlivňující UV ochranný faktor textilie .....	43

## II. Experimentální část

1. Návrh potisků pro firmu ALPINE PRO, a.s. ....	44
1.1 Zpracování návrhů .....	44
1.2 Vybrané varianty návrhů .....	46
2. Příprava vzorků s fotochromními a stabilními pigmenty .....	47
2.1 Příprava tiskacích past .....	48
3. Potiskování .....	51
3.1 Vytvořené vzorky pro vyhodnocení senzorického systému .....	53

4. Realizace sportovní kolekce .....	54
5. Subjektivní hodnocení .....	57
6. Zpracování dat .....	59
6.1 Vypočítané průměry stupně stálosti .....	66
7. Shrnutí .....	67
7.1 Návrh potisků pro firmu ALPINE PRO, a.s .....	67
7.2 Výsledky subjektivního hodnocení .....	67
7.3 Návrh studie dalšího postupu .....	67
Závěr .....	68
Použité zdroje informací .....	70
Příloha .....	73



## Seznam zkratk a symbolů

tj. – to je

resp. – respektive

např. – například

tzv. – takzvaný

tzn. – to znamená

apod. – a podobně

atd. – a tak dále

str. – strana

obr. – obrázek

č. – číslo

% – procento

°C – stupně Celsia

a.s. – akciová společnost

s.r.o. – společnost s ručením omezený

LCAM – Laboratory Color and Appearance Measurement – Laboratoř pro měření barevnosti a vzhledu

eV – elektronvolt

AgBr – bromid stříbrný

Ag – stříbro

RPL – radiophotoluminescent dosimeter

TLD – thermoluminescent dosimeter

DNA – deoxyribonukleová kyselina

D – optická hustota

mGy – tisícina Gy (D – absorbovaná dávka [Gy])

UV záření – oblast ultrafialového záření světelného spektra s rozsahem 100 – 400 nm

UVA – ultrafialové záření o vlnové délce v rozsahu od 315 – 400 nm

UVB – ultrafialové záření o vlnové délce v rozsahu od 280 – 315 nm

UVC – ultrafialové záření o vlnové délce v rozsahu od 100 – 280 nm

VIS – oblast viditelného spektra světelného záření s rozsahem 400 – 780 nm

NIR – infračervené světlo (780 – 2400 nm)

UPF – Ultraviolet Protection Factor – Ochranný faktor

UV Index – bezrozměrná veličina charakterizující úroveň slunečního ultrafialového záření dopadajícího na zemský povrch

CIE – Commission Internationale de l'Eclairage – Mezinárodní komise pro osvětlování

CIE XYZ – barevný prostor

CIEL\*a\*b\* – barevný prostor

nm – nanometr

mm – milimetr

cm – centimetr

cm<sup>2</sup> – centimetr čtvereční

m<sup>2</sup> – metr čtvereční

g – gram

MHz – megahertz

ph – vodíkový exponent

kLy – kilolangley

TiO<sub>2</sub> – oxid titaničitý

BaSO<sub>4</sub> – síran barnatý

TF – Textilní fakulta

PL – polyester

CO – bavlna

ČSN EN – převzaté (harmonizované) Evropské normy

ot/min. – otáčky za minutu

3D – trojdimenzionální

## Úvod

Slunce je zdrojem 99% veškeré energie na naší zemi a veškerý život na této planetě je na něm neodmyslitelně závislý. Účinek slunce může být pozitivní i negativní.

UV záření jako součást slunečních paprsků ovlivňuje životní prostředí člověka i všechny živé formy na Zemi. Zkoumá se tedy možnost minimalizace průniku paprsků a zároveň schopnost detekce s kvantifikací UV záření.

Je známo, že v posledních letech dochází ke zhoršování životního prostředí. Jedním z následků je zmenšování ozonové vrstvy. Ozónová vrstva je životně důležitá jak pro lidi, tak pro zvířata a rostliny, protože redukuje ultrafialovou část slunečního záření. Tato mimořádně energetická část světelného spektra proniká stratosférou, může měnit buňky a vyvolávat mimo jiné rakovinu kůže a onemocnění očí.

Zda sluneční záření lidskému organizmu více škodí nebo prospívá nelze striktně určit, proto je důležité vědět o pozitivním vlivu slunečních paprsků na lidský organizmus, jakožto i o negativním záření působení na kůži. Jakýkoliv textilní materiál snižuje množství prostupujícího ultrafialového záření a zabraňuje tak střetu s pokožkou. To ale neplatí především v letních měsících, kdy lidé kvůli zvýšeným teplotám chodí více odhaleni a jejich pokožka zůstává před škodlivým ultrafialovým zářením neochráněna.

Otázkou je, jak těmto poškozením předejít? To je spojeno s poskytnutím informace, jakému množství záření jsme v danou dobu vystaveni. Tento problém by mohl být dostatečně vyřešen pomocí UV čidla, které by lidi informovalo o množství záření dopadajícího na jejich pokožku a následně pomohlo určit, jaký druh ochrany potřebují.

V této práci je studována schopnost rozeznat intenzitu barevné změny fotochromních pigmentů aplikovaných potiskem na textilní substrát. Náplní této práce je vytvořit měřicí senzor založený na principu porovnávání barevné změny mezi stálobarevnou a proměnlivou částí senzoru při osvitu ultrafialovým zářením. Proměnlivá část reaguje změnou barevného odstínu vlivem působení slunečního záření v závislosti na intenzitě UV záření a druhá část znázorňuje barevné měřítko odpovídající různým stupňům UV intenzity. Následné srovnání UV citlivé fotochromní části s konstantní částí, informuje uživatele o množství UV záření, kterému je vystaven a případně mu společně s dalšími faktory (jako např. kožní fototyp) poskytuje informace o potřebné ochraně. Tu může zajistit odpovídající oděv, sluneční brýle, pokrývka hlavy, opalovací krém, popřípadě omezení nebo přerušování pobytu na slunci.

## I. TEORETICKÁ ČÁST

### 1. Cíl diplomové práce

Cílem této diplomové práce je zpracování poznatků v oblasti dozimetrie. Práce se zabývá dosavadními znalostmi z oblasti fotochromních systémů, UV záření a jeho vlivu na člověka. Práce dále zpracovává informace o ochraně před UV zářením.

Dále se práce zabývá návrhem a realizací textilního UV dozimetru pro testovaný materiál a sportovní kolekci od firmy ALPINE PRO, a.s. a vizuálním posouzením fotochromních systémů se stálobarevnou a proměnlivou částí senzoru pro monitorování intenzity UV záření za pomoci patnácti pozorovatelů.

Cílem diplomové práce je zjistit, jestli je člověk schopen rozpoznat barevnou změnu potisku způsobenou UV zářením, ohodnotit ji příslušnou hodnotou UV záření a zjistit tak škodlivost UV záření, která se nachází v jeho prostředí, zajistit účelnost a funkčnost potisků se stálobarevnou a proměnlivou částí senzoru na textilních materiálech a vypracování technologických listů pro výrobu navržených senzorických systémů a návržení studie dalšího postupu.

### 2. Dozimetrie

Člověk je během svého života běžně obklopen zdroje tzv. ionizujícího záření, které jsou z valné většiny přírodního původu (uran, radon, kosmické záření, sluneční záření aj.). Výjimkou ale nejsou ani průmyslové zdroje ionizujícího záření, které se používají především v medicíně, energetice, některých průmyslových aplikacích, výzkumu a ošetření památek a nesmíme opomenout ani možnosti vojenského použití. Dozimetrie se zabývá především studováním vlastností ionizujícího záření, jeho monitorováním a usměrňováním rizik pro obyvatelstvo i pracovníky se zářením. [1]

#### 2.1 Ionizující záření

Ionizující záření je souhrnné označení pro záření, jehož kvanta mají energii postačující k ionizaci atomů nebo molekul ozářené látky. Za energetickou hranici ionizujícího záření se obvykle považuje energie 5 eV.

Ionizující záření je ve formě dlouhodobého slabého záření a krátkodobého intenzivního záření. V obou případech má ozáření negativní účinky na člověka a ostatní živé organismy. Působí-li na biologický materiál, dochází k absorpci ionizujících částic nebo vlnění atomy daného materiálu. Ionizované části molekul se stávají vysoce reaktivními a vedou k řadě chemických reakcí, které buňku buď rovnou usmrtí, nebo vedou ke změnám genetické informace DNA. Vyvolávají např. akutní nemoc z ozáření, akutní lokální poškození, nenádorová pozdní poškození a poškození plodu v děloze. Škodlivost záření závisí na tom, jaký orgán je ozářen. Podle toho se liší prahová dávka pro daný orgán. [2]

Kromě svého, většinou škodlivého působení na lidský organismus, je ionizující záření významným pomocníkem v řadě lidských činností a to i takových, kde bychom ho na první pohled nehledali. Určitě nejvýznamnější uplatnění ionizujícího záření najdeme v medicíně (rentgen, radioterapie a další) a energetice. Na použití záření jsou často založeny i rutinně používané metody značkování v průmyslu (měření hladin, průtoků aj.) a setkáváme se s ním i např. v požárních hlásičích. Velký význam má také nasazení v zemědělství (ošetření plodin před škůdci) nebo ve výzkumu památek (určování stáří, nedestruktivní analýzy, ošetření před škůdci aj.). [1]

## 2.2 Dozimetrické metody

Informace o přítomnosti ionizujícího záření poskytují detektory ionizujícího záření. V principu lze všechny detektory rozdělit do dvou základních skupin:

- kontinuální detektory – do této skupiny lze zařadit ty, které poskytují informaci o okamžité hodnotě ozáření detektoru,
- integrální detektory – jsou to detektory, které poskytují konečnou informaci.

Mezi detektorem a dozimetrem je přímý vztah. Detektor je schopen indikovat současné či minulé ozáření. Dozimetr je detektor upravený tak, aby poskytoval údaj o ozáření ve zvolené dozimetrické veličině.

Jako integrální dozimetrický prvek může sloužit řada různých materiálů. Při průchodu ionizujícího záření prostředím dochází k interakci mezi nimi a část energie ionizujícího záření se předává ozařovanému prvku. Podle charakteru vyvolaných změn se volí způsob jejich vyhodnocení. To je kritériem pro dělení jednotlivých integrálních dozimetrických metod.

Je žádoucí, aby dozimetrický prvek byl dostatečně citlivý na ozáření daným druhem záření. Při jejich použití se dělí na dvě skupiny. Měřené ionizující záření vyvolává změny přímo v dozimetrickém prvku nebo je použito pomocného materiálu, ve kterém detekované primární záření při interakci vyvolá sekundární záření, a to působí na vlastní dozimetrický prvek. Takto ozářené dozimetry se vyhodnocují v zařízeních k tomuto účelu upravených. Některé dozimetry před vlastním vyhodnocením vyžadují ještě přídavné operace (vyvolání filmu, leptání fólie apod.). Takto ozářený, případně zpracovaný dozimetr se vyhodnotí nejčastěji v elektronickém vyhodnocovacím zařízení. Typickými reprezentanty integrálních dozimetrů jsou však stále takové prvky, které jsou založeny na přímých radiačních změnách, jako je například zčernání filmu, vznik poruch v mřížce dozimetrů pevné fáze apod. Podle způsobu vyhodnocení lze integrální dozimetrické metody rozdělit podle několika hledisek:

- ozářený vzorek emituje část energie sdělené ve vzorku ionizujícím zářením (aktivační detektory, lyoluminiscence),
- ozářený vzorek emituje záření jen při opětném dodání energie z vnějšího zdroje (termoluminiscenční, radiofotoluminiscenční dozimetry),
- ozářený vzorek změní signál z vnějšího zdroje (změna optické hustoty filmu, zabarvení skel),
- ozářený vzorek změní svoji fyzikální veličinu – odpor, náboj, polarizaci (Si dioda, elektrety),
- ozářený vzorek se vyhodnotí jinými způsoby (počítání stop, délky stop).

Jednotlivé druhy integrálních dozimetrů jsou založeny na různých fyzikálních či fyzikálně chemických procesech. U některých dozimetrických prvků výstupní informace při vyhodnocování mizí a dozimetr lze zpětně použít. U jiných pak, i když informace při odečítání nezmizí, lze ji přídavnou operací po odečtení odstranit. Některé dozimetry již nelze opětně použít, protože informace o ozáření je trvalá. Sem patří ozářený a vyvolaný fotografický film nebo stopové detektory.

Závažná vlastnost, která se sleduje u všech integrálních dozimetrů je fading (únik či pokles uložené informace o ozáření s časem). Hlavní vlivy způsobující fading jsou zvýšená teplota, vlhkost a složení atmosféry a také rozměr dozimetru. Dozimetr musí být mechanicky odolný, nezávislý na teplotě, tlaku a musí odolávat běžným agresivním chemickým vlivům. Nezanedbatelným aspektem je i cena dozimetru. [3]

### 3. Druhy dozimetrů

#### 3.1 Radiofotoluminiscenční dozimetry (RPL)

Podstatou radiofotoluminiscenčního dozimetru je fotoluminiscence, která je založena na principu tvorby luminiscenčních center indukovaných ionizujícím zářením v určitých látkách (př. fosfátová skla dopovaná stříbrem). [5]

Neozářená pevná látka není luminiscenční. Pevná látka, ve které vzniknou taková centra, po excitaci viditelným nebo UV světlem jej absorbují a emitují fluorescenční záření, aniž by došlo ke zrušení těchto vzbuzených center. Intenzita fluorescenčního záření závisí na množství center vzniklých ionizujícím zářením. Tak vzniká název radio-fotoluminiscence, což má vyjádřit, že radiační účinky ve vzorku látky dají vznik centrům, která jsou fotostimulací zdrojem luminiscenčního světla. [3] Luminiscence je vybuzena osvětlením ozářeného detektoru ultrafialovým světlem. Vyzářené světlo je úměrné dávce ionizujícího záření absorbované v detektoru. Výhodou radiofotoluminiscenčního dozimetru je dlouhodobá stabilita. Nevýhodou je citlivost detektorů na světlo. [5]

Vzhledem k vlnové délce stimulujícího UV světla se používají filtry, které kratší vlnové délky nepropustí. Typickým jevem u RPL dozimetrů je, že intenzita RPL světla po ozáření ionizujícím zářením nejprve vzrůstá a až po určité době začíná vlivem fadingu klesat. Uvedený jev závisí na složení skla, množství stříbra v něm a na teplotě, které je dozimetr vystaven. Bylo prokázáno, že vyšší obsah Ag zkracuje dobu počátečního nárůstu, dozimetr je citlivější, avšak vzrůstá hodnota fadingu. Je možno najít složení skla, u kterého je citlivost vyhovující a nárůst se ustálí po jedné hodině po ozáření a informace je uchována po několik let. [3]

##### 3.1.1 Způsob vyhodnocení RPL dozimetrů

Vlastní dozimetrické sklo se při vyhodnocování musí ozářit ultrafialovým světlem. Jako zdroj UV světla se běžně používá vysokotlaká rtuťová lampa. Vykazuje maximum světla o vlnové délce 365 nm. Světlo prochází optikou a filtrem propouštějícím pouze excitující záření. Světelný paprsek dopadá na skleněný dozimetr uložený ve vhodném držáku. Ve směru kolmém na budící svazek UV světla se odebírá RPL světlo, které dopadá na fotokatodu fotonásobiče se spektrální citlivostí v oranžové a červené oblasti. Před fotokatodu se vkládá filtr, který má zabránit dopadu rozptýleného UV světla na fotokatodu. Proud se fotonásobiče zesílí a výstupní signál udává úroveň měřené

dozimetrické veličiny. Energetická závislost RPL skel vykazuje zvýšení citlivosti na oblasti s energií 40 – 50 keV.

Filmové dozimetry, termoluminiscenční dozimetry a radiofotoluminiscenční dozimetry jsou nejužívanější pro oblast fotonového záření a záření beta. [3]

### 3.2 Filmové dozimetry

Filmový dozimetr je přístroj pro detekci částic ionizujícího záření pomocí fotochemické reakce materiálu, který obsahuje halogenidy stříbra. Ve světlotěsně uzavřené kazetě (obr. 1) je umístěno políčko fotografického filmu s emulzí se zvýšeným obsahem bromidu stříbrného (AgBr). Na filmu se v místě ozáření vyredukuje stříbro (Ag) a povrch materiálu po vyvolání zešedne či zčerná. [4]

Využití filmového dozimetru je založeno na analogickém principu jako světelná fotografie. Ve filmovém materiálu po ozáření vzniká latentní obraz, který lze vyvoláním zviditelnit. Změna zčernání, lépe řečeno změna optické hustoty vyvolaného filmového materiálu může sloužit jako míra ozáření. Nejčastěji se používá filmová metoda pro záření gama, rentgenové záření, záření beta a tepelných neutronů.

Vyhodnocení ozářených a vyvolaných filmů se provádí fotometricky v rozsahu optických hodnot od  $D = 0$  do  $D = 6$ . To závisí na typu použitého denzitometru. Denzitometr je optický přístroj, ve kterém světelný paprsek dopadá na filmový materiál. Paprsek je absorbován úměrně optické hustotě měřeného filmu. Po průchodu filmem dopadá na fotočlánek, jehož výstupní signál je dále zpracován. Filmy se označují vyražením číselného kódu (měsíc, pracoviště, pracovník). U dozimetrů, kde dávka překračuje hodnotu 4 mGy se hodnotí i druh energie a záření, směr ozáření apod. [3]



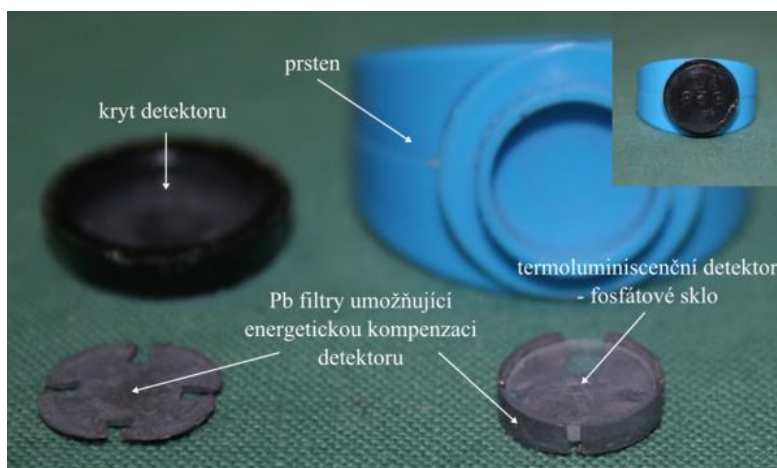
Obr. 1 Konstrukce kazety filmového dozimetru [5]



### 3.3 Termoluminiscenční dozimetry (TLD)

Termoluminiscenční metoda začala filmovou dozimetrii nahrazovat jako první a dodnes se v mnoha státech pro osobní dozimetrii využívá. [8]

Termoluminiscenční dozimetr je používán ve formě prstového dozimetru (obr. 2), kdy měří dávku dopadající na ruce exponované osoby (zejména radiofarmaceuti a lékaři). Výhodou je jejich jednoduchost, citlivost a zároveň odolnost vůči vlhkosti. [6] Možnost přesného měření odezvy a automatického vyhodnocování dozimetrů, možnost opakovaného použití dozimetru a také použití látek s vlastnostmi blízkými lidské tkáni. [7] Nevýhodou je vyšší cena a citlivost na viditelné a ultrafialové světlo. Nošeny jsou po dobu tří měsíců. [6]



Obr. 2 Konstrukce prstového TLD dozimetru [5]

#### 3.3.1 Luminiscence

Luminiscence vyjadřuje emisi optického záření z látek. Luminiscenční látky, luminofoxy, mohou absorbovat energii, část této energie si uchovat a přeměnit ji na světelné záření, které látka vyzáří. Fluorescence a fosforescence jsou formy luminiscence, související s časem následné emise světla, nezávisí však na způsobu excitace látky. Fluorescence je nezávislá na teplotě, kdežto fosforescence je urychlována vzrůstem teploty.

Termoluminiscenční jev se vyskytuje téměř výlučně u izolátorů. Různé materiály emitují při zahřátí světlo různé barvy. Vlnová délka emitovaného světla závisí na druhu použité látky. Této skutečnosti je třeba přizpůsobit spektrální citlivost detektoru termoluminiscenčního světla. [3]

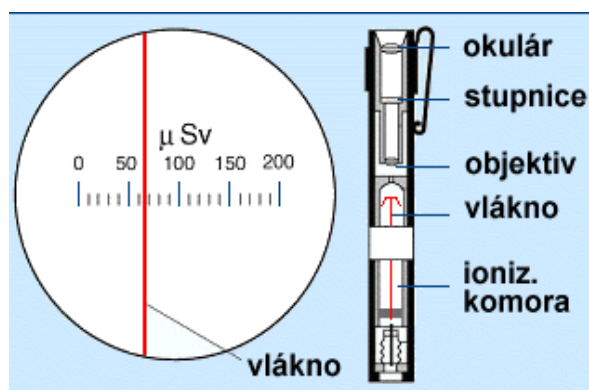
### 3.4 Ionizační integrální dozimetry

Při průchodu ionizujícího záření plynem dochází k vytváření párů iontů, které jsou elektrostatickým polem přitahovány na elektrody s opačným elektrickým nábojem. Ionizační metoda je velmi citlivá detekční metoda, neboť dovoluje detekovat i jednotlivé částice.

Mimo ionizační integrální dozimetry, jejichž konstrukce je založena na teorii ionizace v dutině, se v hojné míře používají ionizační integrální dozimetry, nebo spíše indikátory, jejichž odezvu na ozáření nelze přesně vypočítat, nýbrž je ji nutno odečíst z cejchovní křivky. Mezi ně patří hojně rozšířený průhledný indikátor expozice nebo dávky ve vzduchu. Průhledový samoodečítací integrální dozimetr tužkového tvaru (Obr. 3) je velmi rozšířeným typem osobních dozimetrů. Jeho předností je, že sám uživatel se může během své práce v prostředí s ionizujícím zářením dozimetricky kontrolovat. [3]



Obr. 3 Tužkový dozimetr [9]



Obr. 4 Sestava tužkového dozimetru [9]

### 3.5 Tužkový dozimetr

Kombinací ionizační komůrky a elektrometru vznikl jednoduchý přístroj (obr. 4) pro měření dávek záření, který nosí pracovníci v náprsní kapse oděvu. Tenké pokovené křemenné vlákno je připevněno k jedné elektrodě komůrky. Po nabití je vlákno elektrostaticky odpuzováno. Plně nabitý dozimetr má vlákno v poloze označené na stupnici nulou. Účinkem záření beta nebo gama dochází k vybití a vlákno je odpuzováno stále menší silou. Jeho výchylka, odpovídající absorbované dávce, se na stupnici odečítá malým zabudovaným mikroskopem. [9]

## 4. Designové UV senzory slunečního záření

### 4.1 Náramek Smartsun

Náramek Smartsun (obr. 5) je UV dozimetr, který měří celkovou expozici UVA a UVB záření během jednoho dne. [10] Indikátor UV záření obsažený v náramku je postaven na chemických reakcích speciální kyseliny. Díky UV záření se kyselina zaktivuje a přitom uvolní chemické látky, jež působí na pH indikátor barviva. [11] Čím intenzivnější je UV záření, tím rychleji proběhne fotochemická reakce a tím dříve změní náramek barvu. Změna barvy signalizuje množství absorbovaného slunečního záření, při kterém má člověk použít další sluneční ochranu (opalovací přípravek s ochranným faktorem) nebo se úplně vyhnout slunci kvůli riziku spálení.

Náramky Smartsun byly vyvinuty výzkumným týmem University of Strathclyde ve Skotsku. Výrobu zajišťuje švédská firma Intellego Technologies, která je nositelem ochranné značky Smartsun. [10]



Obr. 5 Náramek Smartsun [10]

### 4.2 Fotochromatické korálky

Technologie spočívá v použití Fotochromatického materiálu pro korálky. Fotochromatický materiál mění svou barvu po vystavení UV záření. Barevný tón signalizuje množství absorbovaného slunečního záření. Po snížení intenzity UV záření se barevný tón vrací na původní. Změna barevného odstínu je reverzibilní. Na barvě korálek můžete vidět, jak silné UV světlo je (obr. 6). [12]



Obr. 6 Fotochromatické korálky [12]

### 4.3 Přívěšek na klíče

UV senzor na klíče (obr. 8), který indikuje intenzitu slunečního UV záření. Plocha uvnitř „ciferníku“ reaguje na UVA a UVB paprsky. [13]







Obr. 8 Přívěšek na klíče [13]

Čtyřbarevný ukazatel se změní ze světlého na tmavý v závislosti na intenzitě UV slunečního záření.

- Nízká intenzita: UV index 1– 2 (ochrana není nutná).
- Střední intenzita: UV index 3 – 5 (ochrana doporučena: sluneční brýle, čepice).
- Vysoká intenzita: UV index 6 – 7 (ochrana nutná: sluneční brýle, klobouk, opalovací krém a jiná ochrana).

- Velmi vysoká intenzita / Extrémní intenzita: UV index 8 – 9 – 10 / 11 (zamezení expozice) (obr. 9). [14]

**ProMedix UV Sun Sensor Colour Changing Bands  
Colour Indication Chart**

	<b>Low UV Intensity:</b> UV index 1-2 (Protection not necessary)
	<b>Mid UV Intensity:</b> UV index 3-5 (Protection Recommended: Put on Clothing, Sun Glasses, Hat and/or Sun Protection)
	<b>High UV Intensity:</b> UV index 6-7 (Protection Necessary: Put on Clothing, Sun Glasses, Hat, and Additional Sun Lotion)
	<b>Extreme UV Intensity:</b> UV index 8-9-10-11+ (Avoid Exposure Outdoors- Go Inside or Seek Shade)

Obr. 9 UV index [15]

#### 4.4 LED obrazovka

LED obrazovka (obr. 7) zabudovaná do plavek, nebo jiných textilních výrobků. Ve spodní části je ukazatel intenzity UV záření, který pracuje pomocí UV metru. UV metr změří sluneční záření, vyhodnotí a na displeji zobrazí naměřenou hodnotu UV. [12]



Obr. 7 Zabudovaná LED obrazovka [12]

#### 4.5 UV hodinky

UV hodinky (obr. 10) znázorňují čas a také znázorňují intenzitu UV záření prostřednictvím změny barvy. Mají speciální chemické složení, které aktivuje UV snímače a ty změni barvu v závislosti na intenzitě UV záření. [16]



Obr. 10 UV hodinky [16]

#### 4.6 Mobilní UV senzor

Tento mobilní snímač znázorňuje čas, měří úroveň UV záření a vypočítá maximální dobu expozice v závislosti na typu vaší pokožky. Odpočítávání vás upozorní, když se dostanete ze střední intenzity UV indexu. [17]



Obr. 11 UV mobilní senzor [17]

## **5. Porovnání textilního UV dozimetru a desénových UV senzorů**

### **5.1 Textilní UV dozimetr**

- Textilní UV dozimetr formou instalace do textilní struktury není jen dekorativní prvek, ale je součástí oděvního výrobku.
- Vlastnosti nejsou jen funkční, ale i estetické.
- Vyšší možnosti pro kreativitu a originální design.
- Odolnost proti slané i chlorované vodě.
- Je vhodný i pro měření záření z umělých zdrojů.
- Nejsou potřeba žádné baterie nebo elektrické energie.
- Snadné a opakovatelné použití.
- Nemusí se opakovaně nastavovat.
- Snadné požadavky na údržbu.

### **5.2 Designové UV senzory**

- Přesně stanovený UV index, čas a teplota.
- Bez požadavků na údržbu (praní, žehlení apod.).

## 6. Fotochromismus

Přípona chromismus obecně znamená reverzibilní změnu barvy. Předpona pak říká, jaký podnět tuto změnu způsobil. Fotochromismus je jev, při němž dochází ke změně odstínu vlivem působení světla zpravidla z nebarevné na barevnou formu. Je způsobena absorpcí fotonů nebo UV záření. Při tomto jevu se tedy vystavením vzorku záření určité vlnové délky mění absorpční spektrum molekuly nebo krystalu. Jde tedy o proces, kdy chemická sloučenina prochází reverzibilní změnou mezi dvěma stavy, které mají odlišná absorpční spektra, což se projevuje různými barevnými odstíny.

Změna jednoho stavu v druhý nastane obvykle vlivem UV záření (alternativně VIS nebo NIR). Často je změna odstínu vyvolána posunem vlnové délky absorpčního nebo emisního maxima. Je žádoucí, aby po zamezení kontaktu vzorku se zdrojem světla došlo k návratu do počátečního stavu. U některých pigmentů však existuje jev označovaný jako barevná paměť, kdy po odstranění zdroje světla zůstane část barevné změny zachována a vzorek se nevrátí do počátečního stavu.

Fotochromní pigmenty jsou barviva různého druhu, která mají dobrou snášenlivost se všemi složkami pasty nebo záhustky, do které jsou vmíchány. Odstín vytvořený z fotochromních pigmentů je bezbarvý a účinkem ultrafialového záření ze slunce či UV výbojky vznikne barva. Intenzita barevného vjemu závisí úměrně na intenzitě dopadajícího UV záření. Změna barvy zajišťuje důležitý vizuální vjem, který může být použit ke zprostředkování užitečné informace pro pozorovatele, např. změny stavu materiálu jako je vlhkost, teplota, rozpouštění určité látky atd. [18]

### 6.1 Reverzibilní fotochromismus

Reverzibilní (vratný) fotochromismus je vlastnost měnit barvu po vystavení slunečnímu záření. Tento efekt se může opakovat donekonečna, ale teplem může být poškozen.

Jeden z nejznámějších vratných samozabarvovacích aplikací je změna barvy čočky pro sluneční brýle. Změna barvy okenních výplní k úpravě intenzity slunečního záření. Fotochromní barviva přidávána do barev, inkoustů a materiálů tvarovaných lisováním, fotochromní barvy na dekorativní vzory tkanin měnící barvu při osvětlení.

### 6.2 Ireverzibilní fotochromismus

Ireverzibilní nevratný fotochromismus je jev, při kterém nastává trvalá barevná změna.



Ta může nastat z průhledného stavu do barevného a naopak nebo mezi barvami.

Využití:

- měření stupňů při UV vytvrzování polymerů,
- ochrana před popálením sluncem,
- ochranná zařízení pro dokumenty k odrazení padělatelů. [19]

## 7. Fotochromní sloučeniny

- Spirobenzopyrany – na bázi spiropyranového kruhu je založena řada odvozených sloučenin. Pyranový kruh je obvykle substituován benzo nebo naftopyrany, heterocyklická část se skládá z velkého množství cyklických systémů. Forma otevřeného řetězce je tepelně nestabilní.
- Spironaftooxaziny – jsou odolné proti fotodegradaci. Tato odolnost je podstatnou vlastností těchto fotochromních materiálů, které jsou konstruované pro aplikace oblasti ochranných materiálů proti UV záření.
- Naftopyrany – vykazují malé nebo žádné fotochromní chování.
- Fulgidy – u těchto sloučenin nebyla objevena tepelně evokovaná reverzace barevné formy na bezbarvou formu.
- Diaryleteny – pokud je tento typ fotochromních látek exponován monochromatickým světlem o vybraných vlnových délkách dochází k reverzibilní přeměně z bezbarvého stavu do barevného stavu.

V mnoha systémech, například u spiropyranů, spirooxazinů a benzo – nafto – pyranů, je zpětná reakce řízená hlavně tepelně. V ostatních fotochemicky indukovaných stavech je barevná změna tepelně stabilní a zpětná reakce musí být řízena fotochemicky, například u fulgidů, diaryletenů.

Reverzibilní změna barvy není jen změnou fyzikálních vlastností během fotochemických přeměn fotochromních materiálů. Jsou zde také změny indexu lomu, relativní permitivity (dielektrické konstanty), oxidačního/redukčního potenciálu a samozřejmě změny prostorového uspořádání.

Fotochromismu příbuzné jevy, podle podnětu vyvolávajícího změnu, jsou např. termochromismus, elektrochromismus, tribochromismus, solvatochromismus, halochromismus, ionochromismus, piezochromismus. [18]

## 7.1 Základní požadavky na ideální organické fotochromní sloučeniny

- Vznik odstínu. Materiál musí barevný odstín vyvíjet rychle pod vlivem dopadajícího záření.
- Řízení zpětné reakce k bezbarvé formě nebo původnímu odstínu pigmentu. Rychlost změny k bezbarvé formě nebo jinému odstínu musí být regulovatelná.
- Široký rozsah odstínů.
- Dlouhá životnost. Barevná odezva by měla být konstantní v řadě barevných cyklů.
- Bezbarvá neosvícená forma. Bezbarvý stav musí mít pokud možno co nejmenší barevné zabarvení. Preferovaná je bezbarvá forma, aby změna na vzniklý odstín byla co největší. [18]

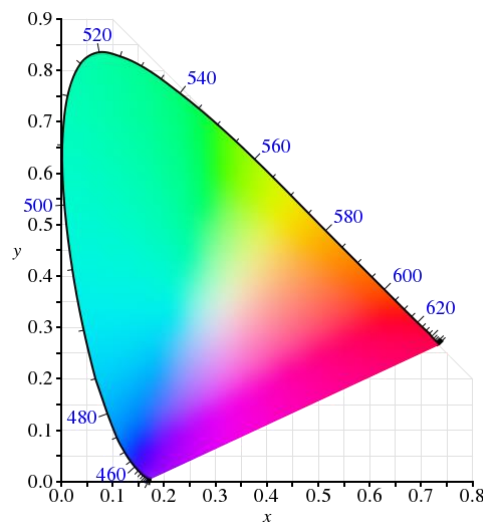
## 8. Barevný prostor CIE XYZ

Fotochromní barviva se vyznačují možností reagovat změnou odstínu, podle intenzity vnějšího podnětu. Základními veličinami, které určují barvu je jas (value), odstín (hue) a sytost (chroma). [20]

Je známo, že vjem reálné barvy lze složit v aditivním směru z červené (R – red, 700nm), zelené (G – green, 546,1) a modré (B – blue, 435,8nm) barvy. Prostor definovaný těmito základními světly si můžeme představit jako systém o souřadnicích R, G, B. [21]

V roce 1931 komise CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) ustanovila normu pro transformaci systému R, G, B do nových souřadnic X, Y, Z. Tato normovaná transformace odstranila problém tzv. záporné barvy a umožnila tak vyjadřovat v souřadnicovém systému X, Y, Z polohu barvy kladnými hodnotami. [22]

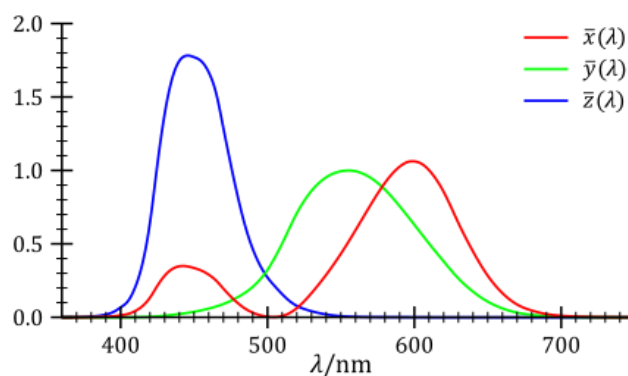
Tyto dva barevné prostory lze vzájemně převádět. Protože lidské oko má 3 typy senzorů barev, bylo by znázornění všech viditelných barev trojrozměrným diagramem. Koncept vnímání barev ovšem může být rozdělen na 2 části – jas (vnímají tyčinky) a barvu (vnímají čípky). Prostor CIE XYZ byl záměrně navržen tak, že parametr Y vyjadřuje jas a vlastní barva je specifikována dvěma odvozenými parametry x a y. Tyto odvozené parametry lze spočítat ze všech tří trichromatických složek X, Y a Z. Barevný prostor (obr. 12) udaný parametry x a y se nazývá CIE xyY nebo jen CIE xy (bez parametru jasu). [23]



Obr. 12 Chromatický diagram CIE 1931 [25]

V dnešní době se spíše provádí konverze  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  trichromatických hodnot do prostoru CIELUV nebo CIELAB, které více odpovídají způsobu vnímání barev lidským okem. Tyto prostory se často označují přívlastkem uniformní, který vyjadřuje, že číselné hodnotě barvové odchylky odpovídá stejný vizuální počitek bez ohledu na polohu barvy v barevném prostoru.

Prostor CIEL\*a\*b\* je definován  $X_n$ ,  $Y_n$ ,  $Z_n$ . To jsou trichromatické hodnoty referenční bílé barvy. Je založen na skutečnosti, že vjem jakékoliv barvy je možné simulovat pomocí tří vhodně zvolených základních světél. Trichromatické členitelé (color matching functions) obr. 13) vyjadřují množství červeného, zeleného a modrého stimulu, které je potřeba k simulaci jakékoliv vlnové délky viditelného spektra. Trichromatické členitelé tvoří základ trichromatické soustavy CIE a umožňují stanovit množství jednotlivých měrných světél  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  potřebných k simulaci dané barvy, které ji matematicky charakterizují. [25]

Obr. 13 Trichromatické členitelé  $x$ ,  $y$ ,  $z$  [25]

## 9. Barevný prostor CIEL\*a\*b\*

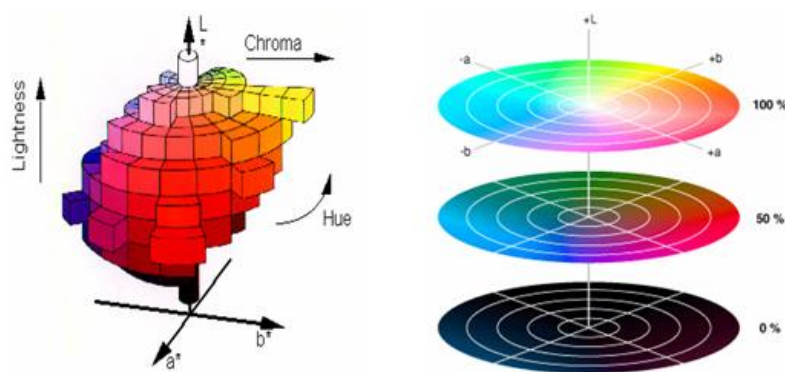
V roce 1976 byl přijat komisí systém CIEL\*a\*b\*, který byl transformací systému CIEXYZ. Barevný prostor CIEL\*a\*b\* (obr. 14) je umístění barev v prostoru. [20]

Jedná se o třídimenzionální prostor, který je charakterizován třemi navzájem kolmými osami –  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ . Barevný model  $L^*a^*b^*$  je analogický se způsobem jakým barvy vnímáme. Ačkoli jsou v oku tři druhy čípků citlivé ke krátkým, středním a dlouhým vlnovým délkám, nejsou do mozku přenášeny přímo signály R, G, B, jak by se mohlo zdát. V gangliových buňkách dochází k jejich zpracování a zakódování do signálu červeno – zeleného, žluto – modrého a achromatického (jasového). Charakterizace je tak podobná způsobu zpracování barevné informace okem. [25]

Kolorimetrická soustava CIEL\*a\*b\* umožňuje snadnou orientaci, díky které lze na základě číselných údajů snadno identifikovat příslušnou barvu. Systém CIEL\*a\*b\* se používá k posuzování shody vzorku a předlohy. Základem posuzování shody předlohy a vzorku je zjištění vzdálenosti obrazu předlohy a vzorku v barevném prostoru CIEL\*a\*b\*. V každém zobrazovaném a definovaném prostoru lze odvodit pro jednotlivé polohy barev vzdálenosti, které odpovídají odchylkám v hodnotě jasové složky nebo odchylkám v odstínu a čistotě.

Barevný prostor CIEL\*a\*b\* je definován těmito parametry:

- hodnoty  $L^*$  lze interpretovat jako jasovou složku,
- hodnoty  $a^*$  kladné vzorek je červený,
- hodnoty  $a^*$  záporné vzorek je zelený,
- hodnoty  $b^*$  kladné vzorek je žlutý,
- hodnoty  $b^*$  záporné vzorek je modrý. [21]



Obr. 14 Schematické znázornění prostoru  $L^*a^*b^*$  [25]

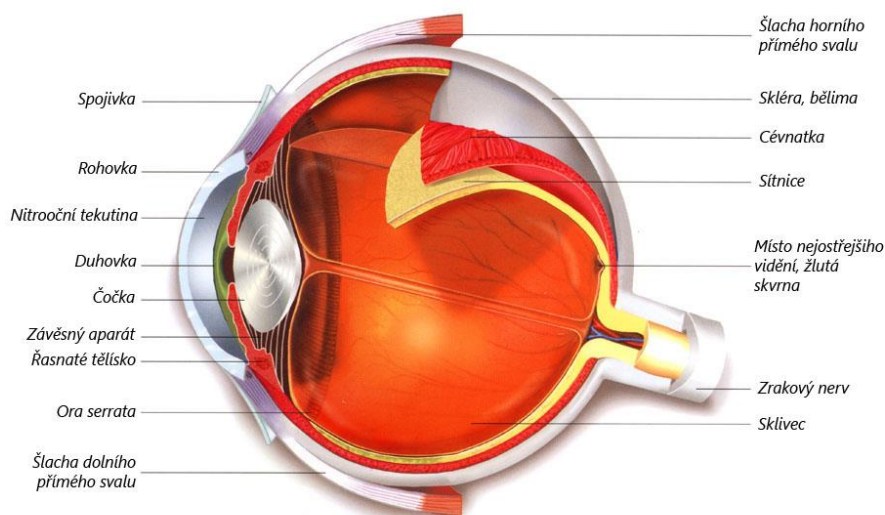
## 10. Vnímání barvy lidským okem

Vidění zprostředkovává zrakový orgán (obr. 15), které je citlivý na světlo z tzv. „viditelné“ oblasti spektra. Oko nerozlišuje jen charakter dopadajícího světla, to znamená intenzitu světla a vnímanou barvu, ale rozeznává i směr dopadajících světelných paprsků, a tím si vytváří i vjem tvarů pozorovaných předmětů.

Funkce oka je přizpůsobena k vnímání kontrastu, barvy i tvaru. V lidském mozku se pak vytváří celkový vjem pozorovaného prostředí, ve kterém je informace zprostředkována lidským okem a dotvořena předchozími zkušenostmi a zároveň spojena s informacemi získanými z jiných smyslových orgánů.

Barva je jedním z mnoha znaků, kterým lze charakterizovat předmět a její vjem je ovlivněn těmito faktory:

- fyzikální povahou světla,
- fyziologickými ději na sítnici oka a v mozku,
- psychologickou interpretací fyziologické reakce,
- psychosomatickým stavem organismu pozorovatele.



Obr. 15 Schéma řezu lidského oka [29]

Zrakový vjem vzniká podrážděním světlocitlivých buněk tvořících sítnici dopadem světla. Sítnice, která je bohatě prokáná rozvětvenými krevními cévami, má tři odlišné tenké vrstvy nervových buněk. Nejblíže k čočce je vrstva buněk gangliových, poté následují buňky bipolární a nakonec již vlastní fotoreceptorové buňky. Právě fotoreceptory čili světlocitlivé buňky zpracovávají jednotlivá kvanta světelné energie,

čili fotony, dopadající na sítnici. Fotoreceptory tvoří dva odlišné typy buněk, lišící se svým tvarem a citlivostí. Jsou to tyčinky a čípky.

Tyčinky jsou citlivé na rozdíly v intenzitě dopadajícího světla a nemohou poskytnout barevný vjem – skotopické vidění. Reagují již na velmi malé množství světelné energie a tím zprostředkovávají vidění za velmi slabého osvětlení tj. za šera a v noci. Citlivost tyčinek vykazuje maximum v oblasti modré a naopak špatně vnímá červenou. Za nízké intenzity ozáření se tedy jeví okolní předměty jako nebarevné a modré předměty jsou vnímány jako jasnější než červené. Zrakový signál není předáván do mozku jednotlivými tyčinkami, ale jejich skupinami, a to zapříčiňuje malou rozlišovací schopnost za šera.

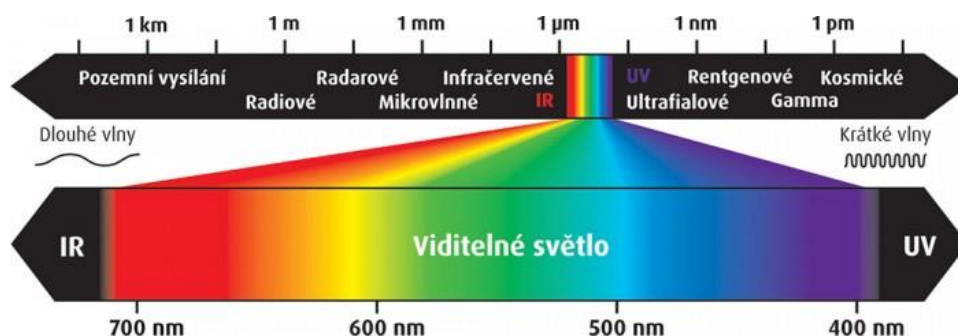
Čípky pravděpodobně obsahují tři druhy fotosenzibilních substancí, z nichž jedna absorbuje v červené oblasti, druhá v zelené a třetí v modré oblasti spektra. Čípky jsou citlivější na denní světlo a jsou zodpovědné za barevné vidění. Čípky potřebují více světla na své podráždění, a proto lidské oko v noci nevidí barevně. Po absorpci světla následuje fotochemická reakce, která vede k barevnému vjemu – fotopické vidění. Barevný vjem jiné než červené, zelené a modré vzniká kombinací různých stupňů narušení tří fotosenzibilních substancí. Nejvyšší koncentrace čípků je v oblasti žluté skvrny, jejíž střed se nazývá fovea centralit. Směrem na všechny strany od žluté skvrny postupně počet čípků klesá a na okrajích sítnice nalezneme prakticky jen tyčinky. Uvnitř lidského oka je přibližně 18krát více tyčinek než čípků. Blízko žluté skvrny je také oblast kde se spojují nervová vlákna, která vytvářejí zrakový nerv a ten vystupuje ven z oční bulvy. V místech, kde prochází zrakový nerv ven, nejsou na sítnici žádné fotoreceptory, a proto se tomuto místu říká slepá skvrna. Za normálních okolností mozek při rekonstrukci chybějící část obrazu doplní, takže ve výsledném zobrazení žádnou díru nenajdeme.

Běžně je udávána rozlišovací schopnost lidského oka okolo 3,5 – 5 milionů odstínů, oko však vnímá velmi citlivě i malé rozdíly v odstínech, jestliže provádíme srovnání například dvou vybarvení (předlohy a vzorku). V okamžiku, kdy máme definovat odstín odděleně, tato citlivost se ztrácí a víceméně zůstáváme u povrchního hodnocení. [22]

## 11. UV záření a vliv slunečních paprsků

Sluneční svit je jedním z nejdůležitějších zdrojů energie pro život na naší planetě. Vzniká jadernými přeměnami uvnitř slunce a jeho spektrum můžeme dělit na:

- ultrafialové záření,
- viditelné záření,
- infračervené záření (obr. 16).



Obr. 16 Světelné spektrum podle vlnové délky [28]

Ultrafialové záření má z těchto tří záření nejkratší vlnovou délku. Čím nižší je vlnová délka tím vyšší je energie, která způsobuje zdravotní problémy.

Ultrafialové záření je neviditelné elektromagnetické záření o vlnové délce 100 – 400 nm a frekvenci 10<sup>15</sup> až 10<sup>17</sup> MHz. Je součástí slunečního spektra a nachází se mezi viditelným slunečním zářením a rentgenovými paprsky. Je také produkováno uměle, např. rtuťovými obloukovými lampami.

Lidské oko je citlivé pouze na část spektra označovaného jako „viditelné světlo“ mezi 400 a 780 nm. Ultrafialové záření je složkou slunečního záření, ale nejedná se o světlo. UV záření není součástí viditelného spektra. Je umístěno za modrým koncem viditelné části spektra elektromagnetického vlnění a dělí se, podle biologických účinků na UV A záření s vlnovou délkou 400 až 315 nm, UV B s 315 až 280 nm, UV C s 280 až 100 nm.

- UV – A tvoří 4 % z paprsků, které dopadají na zemský povrch. Jsou to paprsky s nejdelší vlnovou délkou. Opalují pokožku a jejich následkem dochází k předčasnému stárnutí a pigmentaci kůže. Setkáváme se s ním zejména u terapeutických zářičů (např. léčba lupénky) a v soláriích. Jsou relativně konstantní po celý den a rok.

- UV – B je považováno za biologicky nejvýznamnější, působí erytém, vznik pigmentace kůže, také se podílí na vzniku různých typů kožních nádorů a očních problémů jako je například šedý zákal. Působí přímo na DNA buněk, mohou vyvolat imunitní supresi. Mají větší intenzitu v létě než v zimě, v poledne než ráno nebo pozdě odpoledne, taktéž v místech blíže rovníku a ve vysokých nadmořských výškách. Stejně jako UV A je využíváno k fototerapii.
- UV – C paprsky a UV vakuum mají nejkratší vlnovou délku a jsou nejnebezpečnější. Jsou naštěstí blokovány ozónovou vrstvou ve stratosféře (UV C záření je inhibováno vzdušným kyslíkem, reaguje s dvojatomovou molekulou kyslíku a následně způsobuje vznik ozónu) a na zemský povrch vůbec nepronikají. Jeho podíl na karcinogenezi je minimální. [32]

Ultrafialové paprsky jsou neviditelné, ale jsou všude kolem nás. Čím kratší je vlnová délka záření, tím vyšší úroveň světelné energie a tím větší potenciální poškození může způsobit. Intenzita UV záření se zvyšuje s ubývající ochrannou ozonovou vrstvou. Zvýšená intenzita UV B záření související s poškozením ozonoféry se projevuje zejména v jarních měsících, kdy v našich zeměpisných šířkách může dosáhnout ztenčení ozonoféry 20 % i více.

Proto musíme chránit svou pokožku i zrak před nebezpečnými slunečními paprsky. Je důležité sledovat množství UV záření dopadajícího k povrchu země. Jednou z možností je UV Index.

### 11.1 Koncentrace atmosférického ozonu

Atmosférický ozón představuje hlavní ochrannou bariéru před zářením s kratší vlnovou délkou. Blokuje nejen škodlivé UV C záření a UV vakuum, ale oslabuje i složku UV B záření dopadajícího na zemský povrch.

Množství ozónu v horních vrstvách atmosféry, které závisí na poloze, roční době a denní době, určuje množství UV B a kratší části UV A záření do 330 nm, kterému jsme vystaveni na zemském povrchu. Ztenčení ochranné ozónové vrstvy jednoznačně souvisí se zvýšenou UV expozicí a patří mezi faktory přispívající ke zvýšenému výskytu melanomu.



## 11.2 Oblačnost

Působí jako „pokrývka“ pro tepelné vyzařování z povrchu země. Tím, že oblaky pohlcují tepelné záření vysílané zemským povrchem a samy emitují tepelné záření, snižují tepelné ztráty z povrchu do prostoru.

Vzhledem k tomu, že mraky jsou tvořeny malými vodními kapičkami nebo ledovými krystalky, dochází při průchodu skrz ně k rozptýlení záření, kde se část paprsků odráží zpět do vesmírného prostoru a část jich dopadne na zem v podobě rozptýleného difúzního záření. Mraky jsou velmi variabilní v čase a prostoru, takže nastává velký problém s jejich specifikací a jejich účinek vede obvykle k zeslabení povrchového UV záření. Zeslabení je závislé na optické tloušťce oblačnosti, relativní pozici Slunce a mraků, počtu oblačných vrstev, atd. UV záření může být ovlivněno mraky takovým způsobem, že může být někdy i vyšší než UV záření za jasné oblohy. [33]

## 12. Zdroje UV záření

Přírodním zdrojem UV záření na povrchu země je především sluneční záření. Ostatní zdroje UV záření jsou většinou umělé:

- Elektrický oblouk je nejběžnějším zdrojem UV záření rozprostřeného po celém rozsahu UV spektra. Intenzita UV záření oblouku roste úměrně s intenzitou proudu přiváděného do elektrody, přičemž se současně ve spektru zvyšuje podíl záření UV C. Používá se ve svařování a řezání kovů, také ke konstrukci plazmatronů, což jsou speciální hořáky určené k nanášení těžkovatelných keramických materiálů na povrch obecných kovů.
- Xenonové a rtuťové výbojky užívané k léčebným a kosmetickým účelům, k prostorové dezinfekci a k jiným účelům. [34]

### 13. UV záření a jeho vliv na lidský organismus

Ultrafialové záření nemůžeme vidět ani cítit, proto si mnohdy ani neuvědomujeme, jaké intenzitě paprsků jsme vystavováni. Pokud by UV záření, které vzniká jako součást slunečního záření, pronikalo až na zemský povrch, byly by jeho účinky na život smrtící. Odráží se od písku, sněhu, vodních ploch i betonu ve všech směrech a zvyšuje tak dávku záření. Díky tomu, že UV záření neproniká do hloubky tkání, nejcitlivějším orgánem jsou tak kůže a oči. Trvalý úbytek ozonu a s tím spojené následné zvýšení UV záření dopadajícího na zemský povrch bude zhoršovat účinky UV záření na lidskou kůži, oči a imunitní systém zvláště u citlivých jedinců. Děti jsou zvláště rizikovou skupinou, a proto bychom měli dbát hlavně v dětství na zvýšenou ochranu proti škodlivému UV záření. [32]

UV B záření indukuje syntézu některých látek, jež mohou před tímto zářením poskytnout ochranu rostlinám. Také většina živočichů je dobře chráněna před vlivem UV záření a to svou srstí. K poškození kůže může dojít na nechráněných místech. [33] Lidské tělo je však těmto paprskům vystavováno bez jakékoliv ochrany, tu mu poskytují jen oděvy, sluneční brýle, pokrývky hlavy apod. avšak ani tato ochrana není zcela spolehlivá. K poškození kůže dochází především na nechráněných místech těla. Expozice očí a kůže UV záření by měly být omezeny na nezbytné minimum. Není-li z technologických důvodů možné zakrytí zdroje, musí být pracovníci chráněni vhodným oděvem, rukavicemi, brýlemi, respektive celoobličejovým štítem se skly nepropouštějícími UV záření. Kůži lze chránit ochrannými krémy, které obsahují látky působící jako UV filtr. Zdroje UV záření, jejichž chod nelze kontrolovat zrakem, musí být vybaveny jeho signalizací. U zdrojů emitujících krátkovlnné UV záření se musí pamatovat na to, že mohou být zdrojem ozónu.

Kromě toho se objevuje čím dál více důkazů o tom, že intenzita UV záření v přírodě může zvyšovat riziko infekčních chorob a snižovat účinky očkování. Chování lidí na slunci se pokládá za hlavní příčinu zvýšení počtu rakoviny kůže v posledních desetiletích. Mnoho lidí považuje intenzivní opalování za normální, a bohužel i děti, dospívající a jejich rodiče, vnímají opálenou pokožku jako symbol atraktivnosti a zdraví. [35]

Pokožce člověka prospívá přiměřené slunění. Z pozitivních účinků UV záření lze uvést tvorbu vitamínu D. Nedostatek vitamínu D se projevuje změknutím kostí v důsledku ztráty a nedostatečné resorpce vápníku a fosfátu. U dětí se tento nedostatek projevuje

jako křivice, u dospělých pak jako osteomalacie. Rovněž se projevuje i zvýšenou kazivostí zubů. Vitamín D se ukládá do kůže, jater, mozku a kostí. Účinně řídí metabolismus a podporuje vstřebávání vápníku ve střevech, ukládání vápníku do kostí a reguluje dynamickou přestavbu kostí. Příznivě ovlivňuje některé reakce nervového systému a zvyšuje odolnost k tělesné zátěži. Snižuje se mikrobiální osídlení kožního povrchu, zlepšuje se hojení ran, upravuje se prokrvení kůže. UV záření se také používá při léčbě některých onemocnění včetně křivice, lupénky a atopického ekzému. [33]

### 13.1 Negativní účinky UV záření na pokožku

Průnik UV záření normální kůží je jen do hloubky 0,6 mm. Dostatečná dávka UV A tak vyvolává dřívější tvorbu vrásek, sníženou pružnost kůže a její zvýšenou zranitelnost. Nejvíce zjevnými změnami jsou změny barvy kůže (obr. 17), stařecké skvrny a senilní akné. Mezi nejznámější akutní účinky nadměrného vystavení UV, nejčastěji UV B záření patří spálení z opalování – erytém. Vzniká při dlouhodobém vystavení slunci a projevuje se zčervenáním pokožky, popřípadě i následným vznikem puchýřků. Vznikem melanomu (rakovina kůže) jsou nejvíce ohroženi lidé se světlou pletí. Vznik melanomu je pravděpodobně velmi úzce spojen s UV zářením působícím v dětství, poškozené buňky jsou různě dlouhou dobu v klidu a vlastní nádor se začne vyvíjet např. až po 20 až 40 letech. [33] Důsledky dlouhodobého vystavení UV záření jsou často kumulativní a bez příznaků. Čím dlouhodobější je vystavení se UV záření, tím větší je s postupujícím věkem riziko vzniku onemocnění. [36]



Obr. 17 Účinky UV na pokožce [37]

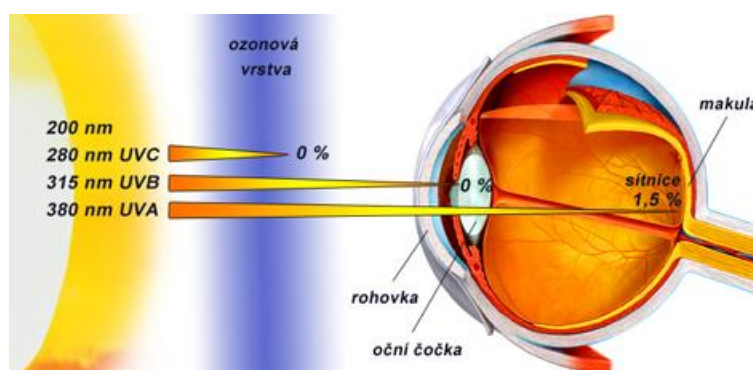
### 13.2 Negativní účinky UV záření na oči

Lidské oči jsou velmi náchylné k poškození sluncem a proto je důležité oči chránit. V oku absorbuje UV záření spojivka a částečně i rohovka. Dlouhodobé vystavení nechráněných očí slunečnímu záření je nevratné a může poškodit povrch oka a jeho vnitřní struktury (obr. 18). Tělo má schopnost regenerace poškozených buněk. Oční čočka je však výjimkou a není možné ji regenerovat přirozenou cestou. [36]

Oko je chráněno před slunečním světlem reflexním stažením zorniček, které minimalizuje penetraci slunečních paprsků. Tato bariéra ale není stoprocentní a její omezení nastává zejména v případech, jako je odraz UV záření ze země, vodní hladiny, písku nebo sněhu. Onemocnění způsobují i jiné zdroje UV záření, jako je např. horské slunce, rtuťové a křemíkové lampy.

Účinky UV záření závisí na vlnové délce, nejzávažnější pro možné poškození oka je vlnová délka v okolí 270 nm. Záření oblasti 100 až 280 nm (UV C) je zcela absorbováno v povrchové vrstvě oka a nepoškozuje tedy sítnici, při velké intenzitě však způsobí akutní zánět spojivek a při dlouhodobém působení může trvale poškodit rohovku. V oblasti vlnových délek od 280 nm do 315 nm (UV B) biologická účinnost ultrafialového záření klesá s rostoucí vlnovou délkou. Ultrafialové záření z intervalu vlnových délek od 315 nm do 400 nm (UV A) není již v rohovce, oční čočce a sklivci zcela absorbováno a jeho dlouhovlnná složka proniká až k sítnici. Toto záření zhoršuje při vyšší intenzitě zrakovou ostrost v oční čočce. Důsledkem působení ultrafialového záření z oblasti UV A je i postupné zbarvování oční čočky do žluta. [7]

Čím dlouhodobější je vystavení UV záření, tím větší je s narůstajícím věkem riziko vzniku onemocnění, jako jsou např. katarakty, rakovina kůže v okolí očního víčka a oční poruchy. Typickým příkladem takového poškození oka je šedý zákal.[36]



Obr. 18 Poškození očí UV zářením [38]

## 14. Ochrana proti UV záření

Zvýšený výskyt rakoviny kůže v posledních letech souvisí také s venkovními aktivitami (rekreačním sportem), ale mnoho lidí si neuvědomuje, že nadměrné slunění způsobuje poškození kůže, očí i imunitního systému. Experti se přiklání k teorii, že čtyřem z pěti případů rakoviny kůže lze předejít správnou ochranou před UV zářením. [7]

Děti vyžadují zvláštní ochranu před UV zářením, protože jejich kůže je tenčí a citlivější.

Děti jsou více vystaveny slunci a odhady naznačují, že až 80% celoživotní expozice UV záření je dosaženo během prvních 18 let života. [32]

### 14.1 Ochrana prostřednictvím fototypu

Je všeobecně známo, že reakce na slunění není u každého člověka zcela stejná. Lidská kůže vykazuje určité rasové odchylky, které se projevují zejména odlišnou barvou. Fototyp představuje kvalitu odpovědi jedince na působení slunečních paprsků. Každý člověk by měl proto znát fototyp své kůže (obr. 19). Podle jednotlivých typů je odvozen tzv. bezpečný čas pro první expozici na slunci bez reakce. Fototyp lze klasifikovat do čtyř skupin, podle barvy pleti a vlasů. Hodnoty těchto fototypů platí pro dospělé osoby. Kojenci jsou před sluncem chráněni a děti do tří let by měli být na slunci minimálně.

typ kůže (popis)	označení	reakce na slunění	ochranná reakce kůže	možný čas pro první expozici bez reakce
I. (kůže nápadně světlá, pihy husté, vlasy rezavé, oči modré, zřídka hnědé; prsní bradavky velmi světlé)	Keltský typ (2 %)	vždy těžký	žádná červená kůže bez pigmentace, za 1 - 2 dny se loupe	5-10 minut
II. (kůže trochu tmavší než I., pihy řidké, vlasy blond až hnědé, oči modré, zelené, šedé; prsní bradavky světlé)	Evropan se světlou pletí (12 %)	vždy silný	velmi slabá pigmentace, kůže se loupe	10-20 minut
III. (kůže světlá, světle hnědá; pihy žádné, pigmentové névy hnědé, prsní bradavky tmavší)	Evropan s tmavou kůží (78 %)	zřídka mírný	Průměrná reakce s pigmentací	20-30 minut
IV. (kůže světle hnědá, olivová; pihy žádné, pigmentové névy tmavé, vlasy tmavé, oči tmavé, prsní bradavky tmavé)	Středomořský typ (8 %)	téměř nikdy	rychlá reakce, hluboká pigmentace	40 minut

Obr. 19 Typy kůže a jejich reakce na sluneční záření [7]

## 14.2 Ochrana oděvem a doplňky

Ochraně proti UV záření můžeme předejít omezením času stráveného během poledne na přímém slunci. UV záření je nejintenzivnější mezi 10 a 16 hodinou a proto by se lidé v této době neměli pohybovat nechráněni na přímém slunci a vyhledávat stín. Dostatečný stín pro tvář, oči a ruce můžeme zajistit vhodnou pokrývkou hlavy, deštníkem nebo rukavicemi.

Ochranný oděv je další možnost ochrany před UV zářením. Je však nutné počítat i s odraženým světlem. Ochrana oděvem je závislá na jeho barvě. Nejlépe chrání tmavé oděvy, které pohlcují nejen více UV, ale i viditelného světla a infračerveného záření. Tím se ale nepříjemně zahřívají. Tenké, bílé nebo také vlhké tkaniny chrání méně. [7] Výběru vhodného materiálu musí být věnována dostatečná péče. Například běžná pánská košile propouští cca 20 % záření, lehká dámská blůza až 50 %. [35] Syntetické materiály (nylon, dacron, atd.) propouštějí méně UV záření než bavlněná vlákna. Některé oděvy mají dokonce od výrobce deklarovaný UPF (UV protecting factor), který udává propustnost pro UV záření.

K ochraně očí nám pomohou ochranné brýle (obr. 20), které chrání zrak buď před mechanickým poškozením, UV zářením nebo i tepelným zářením (v hutnictví). V současné době kvalitní číré dioptrické brýle mají 100% UV filtr. Sluneční brýle, které ochranu před UV zářením nabízejí, jsou opatřeny etiketou „UV 400“. [7]



Obr. 20 Ochranné brýle s UV filtrem [7]

## 14.3 Ochrana vyjádřena pomocí UV Indexu

Stanovit intenzitu UV záření můžeme pomocí různých měřících přístrojů a zařízení, např. Radiometrem, Luxmetrem apod. Existují však způsoby, prostřednictvím kterých se dá intenzita UV záření sledovat a vyjádřit. Jedním z nich je UV Index (obr. 21). [35] Číselné vyjádření UV Indexu společně se znalostí kožního fototypu umožňuje volbu správného ochranného faktoru (SPF – Sun Protection Factor). Aby mohl uživatel zjistit UV Index na daném místě a v daném čase a následně určit potřebnou ochranu,

potřebuje UV senzor, který ho bude orientačně informovat o hodnotách UV záření. Určení UV Indexu a následného stupně ochrany je individuální a není striktně dané. Ovlivňuje ho řada faktorů, které se musíme naučit správně určit a na jejich základě pak volit potřebnou ochranu.

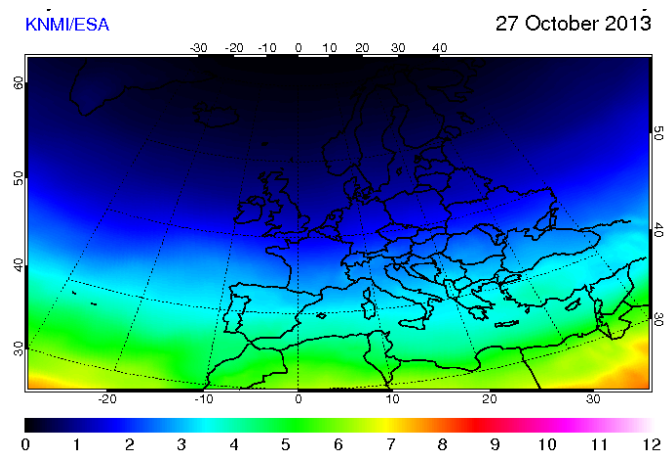
Ochranu formou správného odívání a oděvních doplňků, široké spektrum krémů, sprejů případně olejů, které obsahují chemické nebo minerální filtry a jsou označeny škálou SPF +, popřípadě omezení pobytu na slunci. [7]

UV index	UV strength
UV index 1 2	LOW
UV index 3 4 5 →	MEDIUM
UV index 6 7 →	HIGH
UV index 8 9 10 →	VERY HIGH
UV index 11 →	EXTREME

Obr. 21 UV Index s odpovídajícím stupněm ochrany [39]

#### 14.3.1 UV index

UV index je mezinárodně standardizovaná bezrozměrná veličina charakterizující úroveň erytémového slunečního ultrafialového záření dopadající na zemský povrch, vyjadřující biologický efekt na lidské zdraví (Obr. 22). Jde o jednoduchou číselnou škálu. Používá se k informovanosti obyvatelstva o možném negativním vlivu UV záření na lidský organismus. [40]

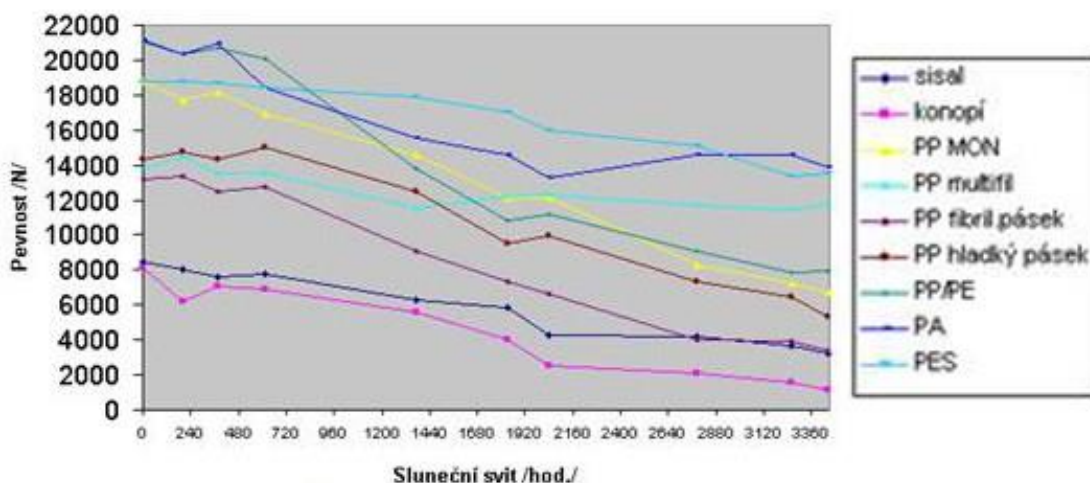


Obr. 22 UV Index nad Evropu ze dne 27. 10. 2013 [41]



## 15. Účinky UV záření na textilní materiály

UV záření, jako přirozená součást slunečního záření, má vliv téměř na všechny textilní materiály, které se používají při výrobě oděvů. Působením UV záření dochází k degradaci materiálu a tím ke ztrátám pevností základních stavebních prvků vláken. Intenzita UV záření je proměnlivá a je úměrná intenzitě slunečního záření v různých geografických oblastech. Intenzitu UV záření měříme v kLy (kilolangley), tedy v jednotkách, které vyjadřují, kolik energie UV záření v kJ dopadne na jeden  $\text{cm}^2$  za rok. Největší vliv má UV záření na polypropylen. Tento materiál, který je základem mnoha odvětví, je třeba před účinky UV záření chránit. Děje se tak pomocí speciálních přísad stabilizátorů. Pokud je např. polypropylenové lano stabilizováno na 100 kLy, tedy pro podmínky střední Evropy, znamená to, že zde toto lano nesmí během jednoho roku ztratit více než 50% své pevnosti. Aby nedocházelo k velkým úbytkům (zejména u bezpečnostních aplikací), je nutno zvolit stabilizaci vyšší, než je intenzita UV záření v dané oblasti. Obecně je známo, že nejmenší vliv má UV záření na polyester. [42]



Obr. 23 Vliv UV záření na pevnost textilních materiálů [42]

### 15.1 Faktory ovlivňující UV ochranný faktor textilie

Textilní materiály mají udávaný UPF (UV protective factor). Za dobrou ochranu se považuje UPF 15 – 20, velmi dobrý UPF 25 – 35 a vynikající UPF 40 – 50.

Prostup UV záření tkaninou je závislý na prostupu paprsků otvory mezi vlákny a samotnými vlákny textilie. Důležitými faktory jsou jakost tkaniny, typ vlákna, jeho barva, hmotnost, obsah vody a stárnutí vlákna. [43]



## **II. Experimentální část**

V experimentální části byly navrženy a realizovány metodou sítotisku soubory potisků na testovaný materiál a sportovní kolekci pro firmu ALPINE PRO, a.s. Byla zjišťována vhodnost textilních materiálů dodaných firmou ALPINE PRO, a.s. pro potisk fotochromními a stálými pigmenty. Byly připraveny vzorky pro vyhodnocení shody vybarvení senzorického systému a barevné škály po osvitu UV záření ve třech polohách od zdroje světla za pomoci testovaných osob a pomoci šedé stupnice. Na základě získaných dat byl vyhodnocen navržený senzorický systém pro komerční použití.

Dále byly vypracovány technologické listy pro výrobu navržených senzorických systémů.

### **1. Návrh potisků pro firmu ALPINE PRO, a.s.**

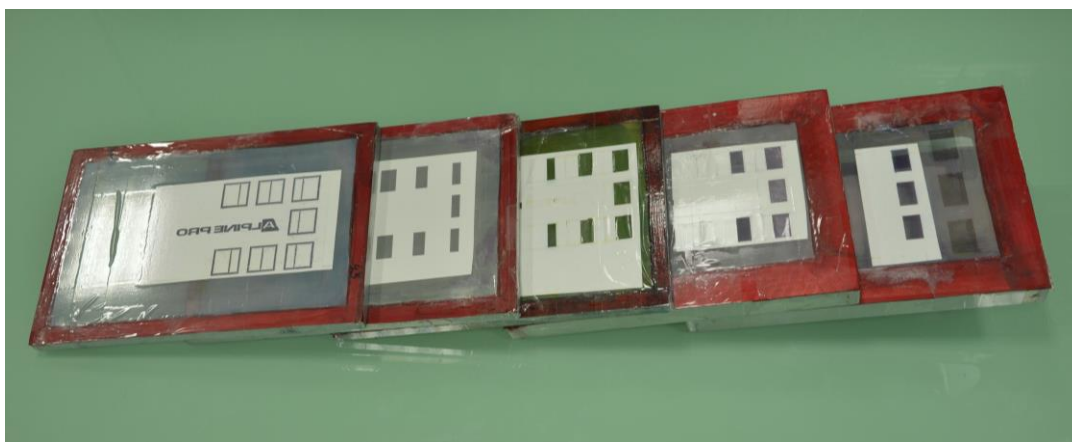
Společnost ALPINE PRO, a.s. vyrábí a distribuuje sportovní a outdoorové oblečení, vybavení a obuv. ALPINE PRO, a.s. představuje pro zákazníka garanci širokého výběru produktů pro všechny druhy aktivit založených na nejnovějších technologiích, kvalitním zpracování a módním designem. [44]

Jejich design je z mého pohledu vždy neokázalý a přiměřený. Při navrhování potisků jsem kladla důraz na technologii sítotisku a na design a koncept této firmy. Potisky jsou navrženy v jednoduchém systému a stylu. Z praktického hlediska je nejdůležitější umístění barevného měřítka v blízkosti senzoru, aby bylo jednoduché co nejpřesněji porovnat stupeň barevné změny. V navržených potiscích jsou jednotlivé komponenty vedle sebe položené tak, že je uživatel rychle a snadno vyhodnotí. Určí hodnotu UV záření a podle toho si sám zvolí vhodnou ochranu, kterou jeho pokožka potřebuje.

#### **1.1 Zpracování návrhů**

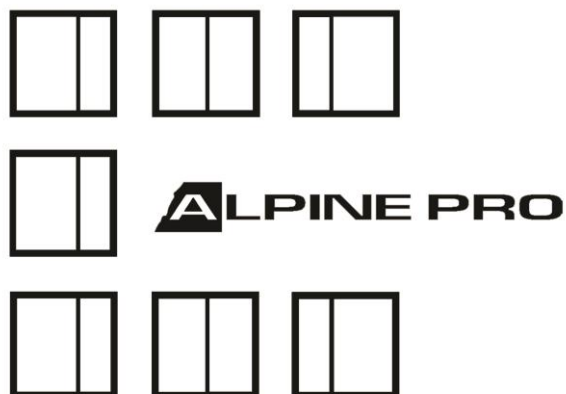
Nejprve byly nakresleny varianty návrhů potisků a po odborném posouzení byly vybrány tři návrhy – pánský, dámský a dětský. Vybrané návrhy je nutné upravit pro realizaci sítotisku pomocí grafického programu Adobe Photoshop a Adobe Illustrator. Následně se převede požadovaný vzor z grafického programu do programu pro výřez lepících šablon Perfect Print. Výřez šablon byl realizován na studentských

kolejích Technické univerzity v Liberci, v tiskařské dílně na koleji E. Šablona se vyřezává do tmavé světlonepropouštějící samolepící fólie, ze které se vyřezaný motiv přelepí na průhlednou fólii (printon) a z této folie se nalepí na síto. Jeden návrh potisku tvoří pět nebo šest nalepovacích šablon, podle toho jestli potiskujeme černý nebo bílý textilní materiál (na černý textilní materiál je ještě nutné použít bílou podkladovou pastu). Lepící šablony byly vyrobeny pomocí vyřezávacího plotteru. Každá šablona tvoří jeden odstín nebo barvu, každá šablona je nalepená na jednom sítu a přelepená lepicí páskou pro lepší těsnění (obr. 24).

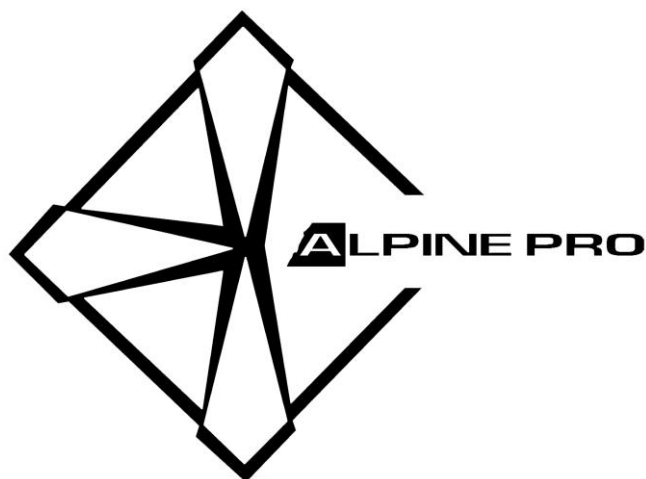


Obr. 24 Nalepené šablony na sítích – pánský potisk

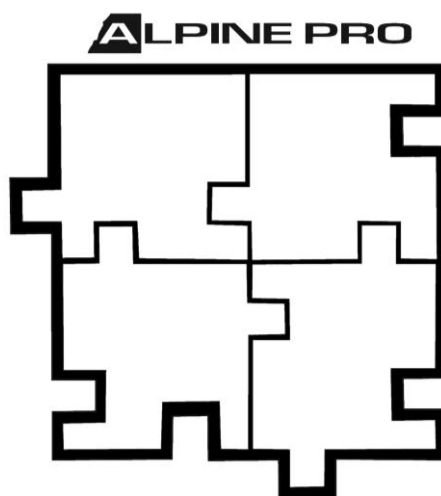
## 1.2 Vybrané varianty návrhů



Obr. 25 Pánský potisk



Obr. 26 Dámský potisk



Obr. 27 Dětský potisk

## 2. Příprava vzorků s fotochromními a stabilními pigmenty

Pro experiment byly použity fotochromní pigmenty od firmy Matsui International Company, Inc. Photopia® AQ INK ve třech barvách (yellow, purple, blue). Po natištění mají pigmenty jemné pastelové odstíny, ale po vystavení UV záření o vlnové délce 340 – 370 nm odstín během několika sekund zintenzivní.

Jako stabilní část byly použity standardní pigmenty VERSAPRINT ve třech barvách (žlutá, fialová, modrá) a jejich třech odstínech („high“, „mid 16“, „low“) od firmy Synthesia v Pardubicích, které se používají pro textilní pigmentový tisk. Touto technologií se v současnosti potiskuje více než 50% všech textilií. Využívá se především kvůli jednoduchému použití, nízkým výrobním nákladům, univerzálnímu použití na různých textilních materiálech a směsích vláken bez nutnosti praní po tisku.

Pigmenty byly vybrány pro svou výbornou stálost, kapalnou formu a nerozpustnost ve vodě a v organických rozpouštědlech.

Pro konturování byl také použit standardní pigment VERSAPRINT černý. Pro podkladovou část byly vyzkoušeny tři varianty oxid titaničitý ( $\text{TiO}_2$ ), síran barnatý ( $\text{BaSO}_4$ ) a pigment VERSAPRINT bílý. Nejlepší vlastnosti vykazoval pigment VERSAPRINT.

Pigmenty byly aplikovány do komplexní záhustky TF a nechali se 24 hodin odležet. Pigmenty byly aplikované na stoprocentně bavlněný textilní substrát SARA a na 11 druhů textilních materiálů od firmy ALPINE PRO, a.s. Vzorky byly připravovány v laboratoři – tiskárna na katedře textilní chemie.

## 2.1 Příprava tiskacích past

### Receptura tiskací pasty s fotochromním pigmentem (pro 500 g pasty)

100 g fotochromního pigmentu – yellow, purple, blue

400 g komplexní zahušťky TF

### Receptura tiskací pasty pro stabilní část – vzorky „high“ (pro 500g pasty)

#### Žlutá pasta:

Versaprint žlutý R: 4,9507g

Versaprint oranžový 2R: 0,7136g

Versaprint červený 3B: 0,0788g

Versaprint zelený B: 0,0094g

Záhustka: 494,2976g

#### Fialová pasta:

Versaprint červený G: 1,6384g

Versaprint červený 3B: 3,7398g

Versaprint fialový B: 1,9172g

Záhustka : 497,3295g

#### Modrá pasta:

Versaprint oranžový 2R: 0,1977g

Versaprint fialový B: 0,1047g

Versaprint modrý 2B: 2,3682g

Záhustka: 492,6958g

### Receptura tiskací pasty pro stabilní část – vzorky „mid 16“ (pro 500g pasty)

#### Žlutá pasta:

Versaprint žlutý R: 1,0343

Versaprint oranžový 2R: 0,3115g

Versaprint modrý 2B: 0,011g

Záhustka: 498,545g

#### Fialová pasta:

Versaprint žlutý 2G: 0,089g

Versaprint červený 3B: 4,5226g

Versaprint fialový B: 1,0443g

Záhustka: 494,345g

#### Modrá pasta:

Versaprint žlutý 2G: 0,1809g

Versaprint fialový B: 0,0606g

Versaprint modrý 2B: 0,6534g

Záhustka: 499,105g

### Receptura tiskací pasty pro stabilní část – vzorky „low“ (pro 500g pasty)

#### Žlutá pasta:

Versaprint žlutý R: 0,8745g

Versaprint oranžový 2R: 0,2416g

Versaprint modrý 2B: 0,0113g

Záhustka: 498,875g

#### Fialová pasta:

Versaprint žlutý 2G: 0,0776g

Versaprint červený 3B: 2,6696g

Versaprint fialový B: 0,7746g

Záhustka: 496,48g

#### Modrá pasta:

Versaprint žlutý R: 0,0894g

Versaprint červený 3B: 0,0336g

Versaprint modrý 2B: 0,727g

Záhustka: 499,605g

### Receptura tiskací pasty pro konturování (pro 300g pasty)

50 g Versaprint černý

250 g komplexní zahušťky TF

### Receptura tiskací pasty pro podkladovou část (pro 400g pasty)

300 g Versaprint bílý

100 g komplexní zahušťky TF

**Vytvořené pasty:**

Obr. 28 Fotochromní pasty (blue, purple, yellow)



Obr. 29 Žlutá pasta – odstíny „high“, „mid 16“, „low“



Obr. 30 Fialová pasta – odstíny „high“, „mid 16“, „low“



Obr. 31 Modrá pasta – odstíny „high“, „mid 16“, „low“

Při vážení jednotlivých komponentů je důležité zachovat co největší přesnost, aby se navážené hodnoty co nejvíce přiblížily výsledným odstínům a odpovídaly barevnému odstínu požadované předlohy. Pro větší přesnost byla použita Analytická váha (obr. 32) a u některých komponentů vytvořeny zásobní roztoky (obr. 34).

Důraz je kladen také na promíchání past. Aby pasta byla homogenní, bylo použito mechanického míchacího zařízení (obr. 33). Dostatečné promíchání bylo zajištěno dvacetiminutovým mícháním ve třech polohách, u dna nádoby, uprostřed a v blízkosti povrchu.



Obr. 32 Analytická váha KERN ABS



Obr. 33 Mechanické míchací zařízení



Obr. 34 Zásobní roztoky pro přesnější namíchání past

### 3. Potiskování

Nátisk past byl na předem připravené vzorky o velikosti 30x20 cm. Nátisk byl proveden ve dvou variantách pro kvalitnější vyhodnocení senzorického systému. První varianta byl navržený potisk a druhá varianta je ve formě čtyř čtverečků položených rovnoběžně za sebou – odstíny „high“, „mid 16“, „low“ a fotochromní pasta.

Tisk byl realizován na stoprocentně bavlněný textilní substrát SARA a na 11 druhů textilních materiálů (obr. 35) od firmy ALPINE PRO, a.s. Pro vyhodnocení senzorického systému byly použity tři materiály. Bavlněný textilní materiál SARA a dva materiály od firmy ALPINE PRO, a.s. Bílý materiál MICRO F2 ze 100% polyesteru a černý materiál 100D 4 – way stretch ze 87% polyesteru a 13% spandexu.

Tab. 1 Přehled testovaných materiálu od firmy ALPINE PRO, a.s.

Kód materiálu	Název materiálu	Gramáž	Složení	Finální úprava	Barva
WC0672	MICRO F2	115g/m <sup>2</sup>	100% PL	Peach effect	bílá
WC0781	100D 4 – way stretch	125g/m <sup>2</sup>	87% PL 13% spandex	Quickdry	černá
WC0491	FVC82856RCA2	63g/m <sup>2</sup>	100% PL		modrá
WC0007	Sample 32 Sample book X – B 510	162 – 165 g/m <sup>2</sup>	70% CO 30% nilon	Sanding Waterproof	červená
WC0894	HE8946QD	209g/m <sup>2</sup>	88% PL 12% spandex	Quickdry	černá
KC0318	Mesh quick dry	120g/m <sup>2</sup>	100% PL	Quickdry	modrá
KC0366	00114 – 10596	150g/m <sup>2</sup>	100% PL	Quickdry	modrá
KC0216	D0903162R	160g/m <sup>2</sup>	65% CO 35% PL cooldry	Wicking	běžová
KC0029	HTT0101T – 353	130g/m <sup>2</sup>	100% PL cooldry		černá
KC0465	As 00A046 – E0000	130g/m <sup>2</sup>	68% PL 32% PL coffee	Quickdry	růžová
KC0029	HTT0101T – 353	130g/m <sup>2</sup>	100% PL cooldry		žlutá

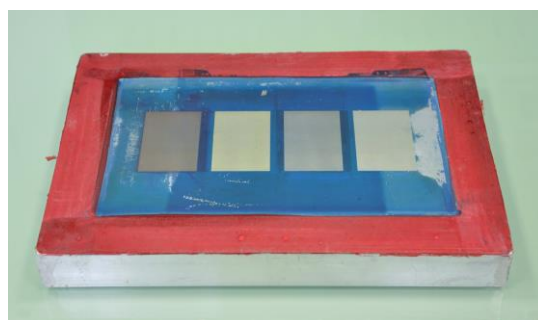


Nátisk past na textilní substrát je proveden technologií sítotisku. Síto tvoří síťovina napnutá na kovovém rámu. Jeden návrh potisku je tvořen z pěti nebo šesti šablonových sít (obr. 35, 36), proto musíme klást důraz na přesnost tisku, aby vznikl přesný soutisk. Šablonové síta mají přesné pořadí, ve kterém se na materiál tisknou. Před každým nánosem je potřeba pastu promíchat. Tiskací pasta je rovnoměrně rozetřena ruční stěrkou (obr. 37), která pastu hrne před sebou. Stěrka protlačuje rovnoměrně tiskací pastu, přes šablonové síto na potiskovanou tkaninu, která leží na gumové podložce (obr. 37). Plného pokrytí tkaniny bylo dosaženo třemi tahy od jednoho kraje šablony ke druhému. Po rozetření tiskací pasty se síto odstraní a textilní materiál se upne na sušicí rám (obr. 37). Kvůli rychlému zanášení síta je nutné po každém nanesení pasty síto vymýt vodou.

Po každém jednotlivém nátisku byly vzorky fixovány v sušicí peci (obr. 38). Teplota fixace pro pigmenty VERSAPRINT i pro fotochromní pigmenty byla 150°C. Doba fixace pro pigmenty VERSAPRINT i pro fotochromní pigmenty byla 5 minut.



Obr. 35 Šablonové síto – varianta 1(návrh)

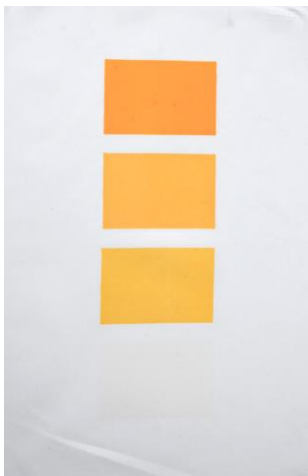


Obr. 36 Šablonové síto – varianta 2

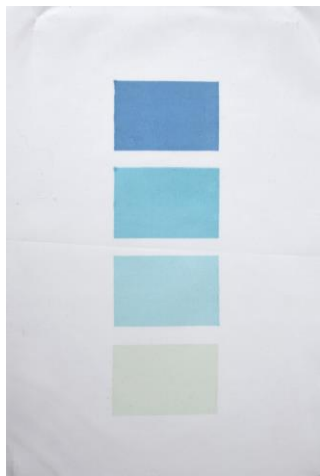
Obr. 37 Ruční stěrka, gumová podložka,  
sušicí rám

Obr. 38 Sušicí pec HS 122A

### 3.1 Vytvořené vzorky pro vyhodnocení senzorického systému



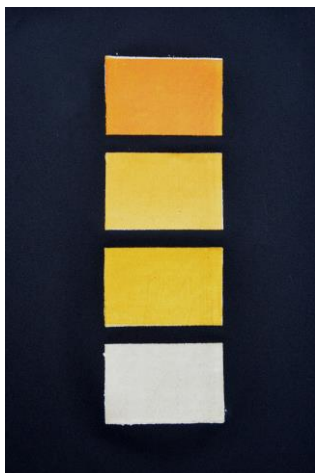
Obr. 39 Bílý podklad



Obr. 40 Bílý podklad



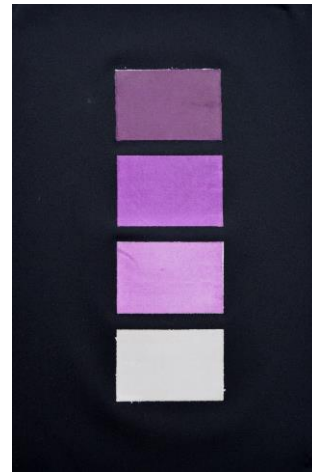
Obr. 41 Bílý podklad



Obr. 42 Černý podklad



Obr. 43 Černý podklad



Obr. 44 Černý podklad



Obr. 45 Dětský návrh



Obr. 46 Dětský návrh



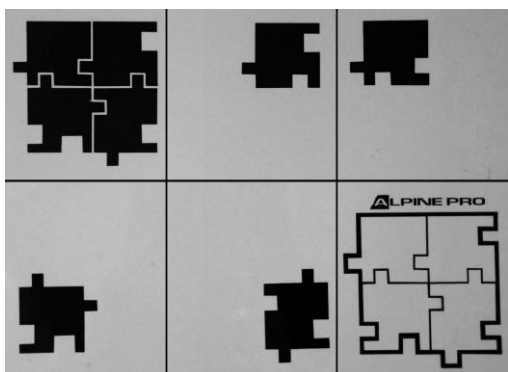
Obr. 47 Dětský návrh

#### 4. Realizace sportovní kolekce

Potisky byly realizovány v tiskařské firmě PROCENTRUM design, s.r.o. technikou sítotisku. Pro realizaci těchto potisků byly znovu namíchány tiskací pasty, podle výše zmíněných receptur. Podle návrhů byly vytvořeny filmy (obr. 48), které slouží jako předloha pro osvětlení návrhů do sít, pro každou barvu je potřeba vlastní film a síto. Síto tvoří síťovina napnutá na kovovém rámu, která je opatřena vrstvou světlocitlivou emulzí. Film s tiskovou předlohou (motivem) se umístí na tiskovou šablonu a ve vakuovém rámu se osvítí speciální metalhalogenovou UV lampou. Po osvětlení se motiv vyvolá vodou, což znamená, že se odplaví neutvrzená emulze a tisková šablona se stane průchodnou pro barvu v přesně definovaném tvaru tiskového pole. [45]

Sítotisk byl vytvořen pomocí ručního pohyblivého karuselového tiskařského stroje (obr. 49), na kterém jsou síta řazena dokola, jako na kolotoči, tak jak jdou postupně za sebou. Pasta je rovnoměrně protlačována na textilní materiál přes síťovinu ruční stěrkou na místech nevykrytých šablonou.

Navrhnuté potisky byly natištěny na sportovní kolekci (obr. 50) dodanou firmou ALPINE PRO, a.s. s tiskovým 3D efektem. Každý jednotlivý nátisk byl zasušen a v konečné podobě fixován v sušicím tunelu při teplotě 150 °C po dobu 5 minut (obr. 51).



Obr. 48 Diapozitivy – dětský potisk



Obr. 49 Ruční karuselový stroj pro vícebarevný sítotisk







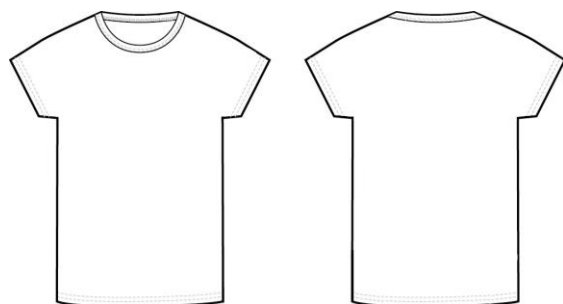

Obr. 50 Zhotovený pánský potisk



Obr. 51 Sušící tunel

Tab. 2 Přehled sportovní kolekce od firmy ALPINE PRO, a.s.

Kód materiálu	Použití	Barva	Výrobek
KC0029	Pánské triko	Černá	
WC0007 WC0894	Pánské šortky	Červená Černá	

KC0465	Dámské triko	Růžová	
WC0894	Dámské šortky	Černá	
VLASTNÍ	Dětské triko	Bílá	
WC0894	Dětské šortky	Černá	

## 5. Subjektivní hodnocení

Cílem subjektivního hodnocení je zjistit, jestli je člověk schopen rozpoznat barevnou změnu potisku způsobenou UV zářením, ohodnotit ji příslušnou hodnotou UV záření a zjistit tak škodlivost UV záření, která se nachází v jeho prostředí.

Společně s dalšími faktory (jako např. kožní fototyp) poskytuje informace o potřebné ochraně. Tu může zajistit odpovídající oděv, sluneční brýle, pokrývka hlavy, opalovací krém, popřípadě omezení nebo přerušování pobytu na slunci.

Vizuální posouzení fotochromních systémů se stálobarevnou a proměnlivou částí senzoru pro monitorování intenzity UV záření bylo provedeno na katedře textilních chemie v laboratoři měření barevnosti a vzhledu (LCAM) na Technické univerzitě v Liberci.

Vzorky hodnotilo celkem 15 pozorovatelů ve věku od 18 do 25 let. Všichni hodnotitelé měli brýle s UV filtrem, byla zastoupena obě pohlaví, všichni splňovali podmínky pro hodnocení barevných rozdílů:

- pozorovatel má bezdefektní vnímání barev,
- pozorovatel má dostatečné množství času, je v psychické pohodě,
- spektrální složení světla je blízké standardnímu osvětlení,
- vzorky jsou hodnoceny při konstantním úhlu, bez rušivého okolního světla,
- pracovní plocha je achromatická, bez rušivých vlivů.

Všichni hodnotitelé byli před začátkem samotného hodnocení seznámeni s jeho principem. Všechny 15 hodnotitelů posuzovalo 3x9 vzorků, každý ve třech vzdálenostech od zdroje osvětlení:

- zároveň s pozorovací plochou – odstín „low“ UV 3 - 5,
- 16,5 cm od pozorovací plochy – odstín „mid 16“ UV 6 - 7,
- 34,5 cm od pozorovací plochy – odstín „high“ UV 8 a více.

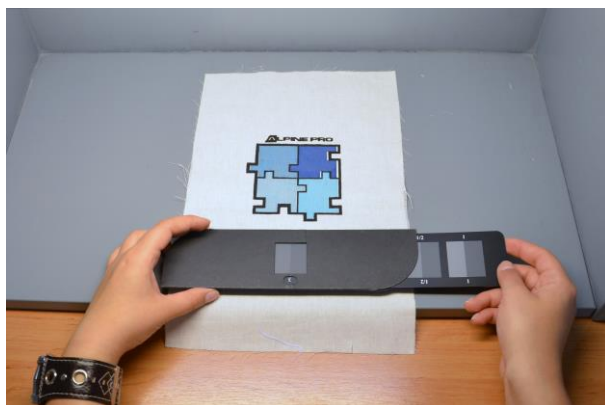
Posuzování probíhalo po dvouminutovém nasvícení UV zářením. Za tuto dobu fotochromní pigment zcela absorbuje UV záření a odstín se ustálí. Celkem bylo tedy provedeno 405 hodnocení.

Porovnáním stálých a fotochromních pigmentů a jejich shodnost vybarvení bylo provedeno podle šedé stupnice (obr. 52.) pro hodnocení změny odstínu (ČSN EN 20105 – A02).



Hodnotitelé měli za úkol posoudit podle stupňů šedé stupnice barevné rozdíly mezi stabilní částí vzorku a fotochromní částí vzorku. Na hodnocení barevných rozdílů mezi stabilní částí vzorku a fotochromní částí vzorku byla použita devítistupňová šedá stupnice se stupni a půl stupni od jedné do pěti, přičemž stupeň jedna vyjadřoval největší rozdíl a stupeň pět nejmenší nebo žádný rozdíl.

Hodnocení vzorků bylo prováděno ve speciálním expozičním systému HB311 o rozměrech 33x64x40,5 cm (obr. 53). Na osvětlení byly použity čtyři solární trubice Philips Hg 20W.



Obr. 52 Hodnocení podle šedé stupnice – dětský potisk



Obr. 53 Hodnocení v expozičním systému HB311

## 6. Zpracování dat

Údaje získané během hodnocení byly seřazeny a zpracovány do tabulek. Byly vytvořeny tři tabulky pro tři barvy fotochromních pigmentů (yellow, purple, blue). V tabulkách jsou uvedeny druhy vzorků, které sloužily k vyhodnocení senzorického systému za pomoci 15 pozorovatelů (bílý a černý materiál od firmy ALPINE PRO a.s. a bílý stoprocentně bavlněný materiál SARA s návrhem dětského potisků).

Tabulky dále obsahují údaje se stupni stálosti ve třech odstínech („high“, „mid 16“, „low“) a jejich vzdálenostech od zdroje ozáření hodnocené podle šedé stupnice, které nám poskytnou informace o barevných rozdílech mezi stabilní částí vzorku a fotochromní částí vzorku. Stupeň jedna vyjadřoval největší rozdíl a stupeň pět nejmenší nebo žádný rozdíl. Dále byly vypracovány tabulky s výslednými průměry stupně stálosti.

Tab. 3 Hodnoty stupně stálosti a jejich odchylky

Stupeň stálosti	CIELAB barevné rozdíly	Odchylka
5	0	0,2
(4 – 5)	0,8	±0,2
4	1,7	±0,3
(3 – 4)	2,5	±0,35
3	3,4	±0,4
(2 – 3)	4,8	±0,5
2	6,8	±0,6
(1 – 2)	9,6	±0,7
1	13,6	±1,0



Tab. 4 Žlutý fotochromní pigment – stupeň stálosti

Žlutá				
Pozorovatel	Vzorek	UV Intenzita		
		High	Mid 16	Low
1	Bílý podklad	1	3	4
	Černý podklad	2	3	4
	Návrh	1	2	4
2	Bílý podklad	3	4	3
	Černý podklad	2	3	3
	Návrh	1	2	3
3	Bílý podklad	1	3	2
	Černý podklad	1	2	2
	Návrh	1	2	1
4	Bílý podklad	2,5	2,5	2
	Černý podklad	1,5	2	1,5
	Návrh	1	2	2
5	Bílý podklad	2,5	2,5	2,5
	Černý podklad	1,5	1,5	2
	Návrh	1,5	2,5	1,5
6	Bílý podklad	1,5	2	3,5
	Černý podklad	1	2	1,5
	Návrh	1,5	1,5	2
7	Bílý podklad	1	2	3
	Černý podklad	1	2	3
	Návrh	1	2,5	3
8	Bílý podklad	1,5	3	2
	Černý podklad	1,5	3	2
	Návrh	1	2	2
9	Bílý podklad	3	3,5	3
	Černý podklad	3	3	3,5
	Návrh	3,5	3	3
10	Bílý podklad	3	3,5	3
	Černý podklad	3,5	3	4
	Návrh	3	3	3

11	Bílý podklad	2,5	3,5	3
	Černý podklad	2,5	3	3
	Návrh	3	3	3
12	Bílý podklad	2	4	3
	Černý podklad	2	3	3
	Návrh	1	2	3
13	Bílý podklad	2,5	2,5	2
	Černý podklad	2	2	1,5
	Návrh	1	2	3
14	Bílý podklad	1,5	3,5	3
	Černý podklad	2	3	3,5
	Návrh	1	2	3
15	Bílý podklad	2,5	3	3
	Černý podklad	2	3	3,5
	Návrh	3	3	3

Tab. 5 Fialový fotochromní pigment – stupeň stálosti

Fialová				
Pozorovatel	Vzorek	UV Intenzita		
		High	Mid 16	Low
1	Bílý podklad	4	4	5
	Černý podklad	4	3	5
	Návrh	4	4	4
2	Bílý podklad	4	3	5
	Černý podklad	4	2	5
	Návrh	3	3	4
3	Bílý podklad	4	3	4
	Černý podklad	4	3	4
	Návrh	2	3	4
4	Bílý podklad	4	4	3,5
	Černý podklad	4	3	4
	Návrh	3,5	3,5	4
5	Bílý podklad	4,5	3,5	3,5
	Černý podklad	4	3	4
	Návrh	3,5	3	4,5
6	Bílý podklad	3	4	4
	Černý podklad	3,5	3,5	4,5
	Návrh	3,5	3	4
7	Bílý podklad	3,5	4	4
	Černý podklad	3	3	3,5
	Návrh	3	3	4
8	Bílý podklad	2	5	4
	Černý podklad	2	4	4
	Návrh	3	3,5	4
9	Bílý podklad	3,5	3,5	3,6
	Černý podklad	4	3	4,5
	Návrh	4,5	4	3
10	Bílý podklad	4	4	4,5
	Černý podklad	5	3,5	4
	Návrh	3,5	4,5	4

11	Bílý podklad	4	4	4
	Černý podklad	3,5	3,5	3,5
	Návrh	3,5	4	3,5
12	Bílý podklad	4	4	4
	Černý podklad	3	3	4
	Návrh	3,5	4,5	3,5
13	Bílý podklad	3,5	2,5	4,5
	Černý podklad	4	5	3,5
	Návrh	3	4	3
14	Bílý podklad	3	3	4
	Černý podklad	3	3,5	4
	Návrh	4	4	3
15	Bílý podklad	4	4	5
	Černý podklad	4	3,5	5
	Návrh	3	4	4

Tab. 6 Modrý fotochromní pigment – stupeň stálosti

Modrá				
Pozorovatel	Vzorek	UV Intenzita		
		High	Mid 16	Low
1	Bílý podklad	3	4	4
	Černý podklad	2	4	3
	Návrh	2	4	3
2	Bílý podklad	2	2	4
	Černý podklad	2	3	4
	Návrh	1	4	4
3	Bílý podklad	1	3	2
	Černý podklad	1	4	2
	Návrh	1	3	2
4	Bílý podklad	3,5	3	3
	Černý podklad	2,5	3,5	3
	Návrh	2	3,5	2,5
5	Bílý podklad	3	3,5	2,5
	Černý podklad	3	4	3
	Návrh	2,5	3	3
6	Bílý podklad	2,5	3	2
	Černý podklad	3	3,5	2,5
	Návrh	2	3	3
7	Bílý podklad	2,5	3,5	3
	Černý podklad	1,5	3,5	3
	Návrh	1	3	3,5
8	Bílý podklad	1,5	3	3
	Černý podklad	1,5	4	3,5
	Návrh	2,5	3,5	2,5
9	Bílý podklad	3,5	4	3
	Černý podklad	3	4,5	3,5
	Návrh	3,5	4	4
10	Bílý podklad	3,5	4	3,5
	Černý podklad	4	4	4
	Návrh	3,5	4	3,5

11	Bílý podklad	3,5	3,5	3
	Černý podklad	3	4	3
	Návrh	3	4	3,5
12	Bílý podklad	3,5	3,5	3
	Černý podklad	3	3,5	3,5
	Návrh	2	3,5	2,5
13	Bílý podklad	3	4	3,5
	Černý podklad	3	4,5	3,5
	Návrh	3,5	4	4,5
14	Bílý podklad	2,5	3,5	2,5
	Černý podklad	3	3	2,5
	Návrh	2	3	3
15	Bílý podklad	3,5	4	3,5
	Černý podklad	3	4	3,5
	Návrh	3,5	4	4

## 6.1 Vypočítané průměry stupně stálosti

Tab. 7 Žlutý fotochromní pigment – výsledné průměry stupně stálosti

Výsledný průměr	Bílý podklad	2,03	2,97	2,77
	Černý podklad	1,87	2,50	2,67
	Návrh	1,63	2,27	2,60
	Všechny materiály	1,84	2,58	2,68

Tab. 8 Fialový fotochromní pigment – výsledné průměry stupně stálosti

Výsledný průměr	Bílý podklad	3,67	3,63	4,07
	Černý podklad	3,53	3,23	4,07
	Návrh	3,30	3,60	3,73
	Všechny materiály	3,50	3,49	3,96

Tab. 9 Modrý fotochromní pigment – výsledné průměry stupně stálosti

Výsledný průměr	Bílý podklad	2,80	3,37	2,93
	Černý podklad	2,53	3,77	3,13
	Návrh	2,33	3,47	3,17
	Všechny materiály	2,55	3,54	3,08

Tab. 10 Výsledné průměry stupně stálosti z hlediska použitého materiálu

Druh materiálu	High	Mid 16	Low	Celkový průměr
Bílý podklad – 100% PL	2,83	3,32	3,25	3,13
Černý podklad – 87% PL, 13% spandex	2,64	3,17	3,29	3,03
Návrh – 100% CO	2,42	3,11	3,17	2,90

## **7. Shrnutí**

### **7.1 Návrh potisků pro firmu ALPINE PRO, a.s**

Vytvořené návrhy fotochromních potisků pro firmu ALPINE PRO, a.s. jsou akceptovány a jsou v patentovém řízení. Návrhy budou předány firmě ALPINE PRO, a.s., která s návrhy souhlasí.

Pigmenty Photopia a pigmenty VERZAPRTINT jsou vhodná pro všechny druhy přírodních i umělých materiálů a jejich směsí. Textilní materiály od firmy ALPINE PRO, a.s. jsou tedy vhodné pro potisk fotochromními a stálými pigmenty. Potisk má při aplikaci dobrou adhezi.

### **7.2 Výsledky subjektivního hodnocení**

Z výpočtů průměru stupně stálosti vyplývá, že člověk je schopen rozpoznat barevnou změnu potisku způsobenou UV zářením, ohodnotit ji příslušnou hodnotou UV záření a zjistit tak škodlivost UV záření, která se nachází v jeho prostředí.

Nejlepší rozpoznatelnost na všech použitých materiálech vykazují fialové vzorky. Z fialových odstínů je nejlépe identifikovatelný odstín „low“ dále „high“ a pak odstín „mid 16“. Dále dobrou rozpoznatelnost a stupeň stálosti mají modré vzorky odstín „mid 16“ pak odstín „low“ a odstín „high“. Nejmenší rozpoznatelnost mají žluté vzorky odstín „low“, odstín „mid 16“ a nejhůře rozpoznatelný odstín je odstín „high“. Domnívám se, že proto nebude žlutý pigment vhodný pro tento účel použití a bude dána přednost modrému a fialovému pigmentu.

Z hlediska použitých materiálů je potisk nejlépe rozpoznatelný na materiálu od firmy ALPINE PRO, a.s. – WC0672 (bílý podklad, 100% PL) a pak na materiálu – WC0781 (černý podklad, 87% PL a 13% spandex). Nejhůře rozpoznatelný je potisk fotochromními a stálými pigmenty na materiálu – SARA (návrh 100% CO). Z výsledků je zřejmé, že na vytvořený fotochromní senzor má jen nepatrný vliv barva a složení materiálu.

### **7.3 Návrh studie dalšího postupu**

Některé odstíny fotochromních potisků se dají rozpoznat lépe a některé hůře. Další studie jednoduchého textilního UV dozimetru by se mohla tedy zaměřit na výběr pigmentů s jiným vzorovacím pásmem, než které byly použity, nebo na změně dosavadních receptur. Vylepšit tak stabilní odstíny a dovést tak barevnou schodu fotochromních a stálých pigmentů k dokonalosti.



## **Závěr**

Diplomová práce se zabývala návrhem a realizací textilního UV dozimetru pro testovaný materiál a sportovní kolekci od firmy ALPINE PRO, a.s. Vizuálním posouzení fotochromních systémů se stálobarevnou a proměnlivou částí senzoru pro monitorování intenzity UV záření za pomoci patnácti pozorovatelů.

Cílem diplomové práce bylo zjistit, jestli je člověk schopen rozpoznat barevnou změnu potisku způsobenou UV zářením, ohodnotit ji příslušnou hodnotou UV záření a zjistit tak škodlivost UV záření, která se nachází v jeho prostředí.

V teoretické části byly shrnuty informace z oblasti dozimetrie a byly představeny designové osobní UV senzory. Práce se zabývala definicí fotochromismu a fotochromními sloučeninami. Dále zpracovává dosavadní znalosti z oblasti UV záření a jeho vlivu na člověka a na textilní materiál. Práce dále zpracovává informace o ochraně před UV zářením prostřednictvím oděvu, fototypů a UV indexu.

Praktická část této práce postupně řešila cíl diplomové práce, zpracování návrhu, metodiku přípravy vzorků, realizaci sportovní kolekce, subjektivní hodnocení, specifikaci použitých přístrojů, průběh vlastního experimentu a jeho zpracování.

Vlastní experiment se skládal ze tří studií. Hlavním tématem této kapitoly bylo navrhnout a realizovat soubory potisků na testovaný materiál a sportovní kolekci pro firmu ALPINE PRO, a.s. S vytvořenými návrhy firma souhlasí a budou jí předány. Fotochromní potisky na textilní materiál jsou v patentovém řízení.

Z hlediska vhodnosti textilních materiálů nebyl pozorován žádný problém. Fotochromní a stále pigmenty mají dobrou adhezi jak k přírodním materiálům tak k umělým i jejich směsím. Z výsledků je zřejmé, že na vytvořený fotochromní senzor nemá vliv barva a složení materiálu.

V druhé části byly připraveny vzorky pro vyhodnocení shody vybarvení senzorického systému a barevné škály po osvitě UV záření ve třech polohách od zdroje světla za pomoci testovaných osob a pomoci šedé stupnice. Na základě získaných dat byl vyhodnocen navržený senzorický systém pro komerční použití.

Z výpočtů vyplývá, že člověk je schopen rozpoznat barevnou změnu potisku způsobenou UV zářením, ohodnotit ji příslušnou hodnotou UV záření a zjistit tak škodlivost UV záření, která se nachází v jeho prostředí. Společně s dalšími faktory

(jako např. kožní fototyp, UV index) poskytuje informace o potřebné ochraně. Tu může zajistit odpovídající oděv, sluneční brýle, pokrývka hlavy, opalovací krém, popřípadě omezení nebo přerušování pobytu na slunci.

V poslední části experimentu byly vypracovány technologické listy a praktická část práce byla doplněna o návrhy pro další studium v tomto odvětví.

Diplomová práce je doplněna o přílohový materiál, vzorník vytvořených návrhů, který je samostatnou dokumentací, stejně jako i CD s průvodní zprávou, s naměřenými i zpracovanými daty a přílohami.

Vzhledem k řešené problematice v teoretické i praktické části práce se domnívám, že cíl diplomové práce byl splněn. Komplexní zpracování diplomové práce nebylo jednoduché, ale i přesto mě práce na tomto tématu velice zaujala a získala jsem mnoho nových zkušeností. Byla bych ráda, kdyby fotochromní UV dozimetr aplikovaný potiskem na textilním materiálu získal v budoucnu široké uplatnění.

## Použité zdroje informací

- [1] Dozimetrie a ionizujícího záření. *ČVUT: Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská* [online]. [cit. 2013-10-04]. Dostupné z: <http://www.fjfi.cvut.cz/DesktopDefault.aspx?ModuleId=1544>
- [2] Ionizující záření. *Wikipedie* [online]. [cit. 2013-10-04]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Ionizuj%C3%ADc%C3%AD\\_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD#.C3.9A.C4.8Dinky\\_na\\_.C5.BEiv.C3.A9\\_organismy](http://cs.wikipedia.org/wiki/Ionizuj%C3%ADc%C3%AD_z%C3%A1%C5%99en%C3%AD#.C3.9A.C4.8Dinky_na_.C5.BEiv.C3.A9_organismy)
- [3] ŠEDA, Josef. *Základy dozimetrie*. 2. přepr.vyd. Praha: ČVUT, 1991, 188 s. ISBN 80-010-0595-X.
- [4] Dozimetr. *Wikipedia* [online]. [cit. 2013-10-04]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Filmov%C3%BD\\_dozimetr](http://cs.wikipedia.org/wiki/Filmov%C3%BD_dozimetr)
- [5] Klinika nukleární medicíny: Radiační ochrana. *UP* [online]. [cit. 2013-10-04]. Dostupné z: <http://www.lf.upol.cz/menu/struktura-lf/kliniky/klinika-nuklearni-mediciny/pedagogicka-cinnost/fyzikalni-zaklady-zobrazovani-v-nuklearni-medicine-a-radiacni-ochrana/radiacni-ochrana/>
- [6] Osobní dozimetrie. *Wikiskripta* [online]. [cit. 2013-10-04]. Dostupné z: [http://www.wikiskripta.eu/index.php/Osobn%C3%AD\\_dozimetrie](http://www.wikiskripta.eu/index.php/Osobn%C3%AD_dozimetrie)
- [7] Radiobiologie. *Fbmi.sirdik.org* [online]. [cit. 2013-10-04]. Dostupné z: <http://fbmi.sirdik.org/>
- [8] Dozimetrie. *VF osobní dozimetrie* [online]. [cit. 2013-10-04]. Dostupné z: <http://www.dozimetrie.cz/>
- [9] Detektory. *ČEZ* [online]. [cit. 2013-10-04]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/microsites/urychl/k22.htm>
- [10] Náramek smurtsun. *Smurtsun* [online]. [cit. 2013-10-04]. Dostupné z: <http://smartsun.cz/smartsun.php>
- [11] Speciální náramek. *Novinky* [online]. [cit. 2013-10-04]. Dostupné z: <http://www.novinky.cz/zena/zdravi/204525-specialni-naramek-dokaze-varovat-pred-spalenim-slunickem.html>
- [12] UV bikiny. *Talk2myShirt* [online]. [cit. 2013-10-04]. Dostupné z: <http://www.talk2myshirt.com/blog/archives/406>

- [13] UV senzor slunečního záření. *Shop.dela* [online]. [cit. 2013-10-04]. Dostupné z: [http://shop.dela.cz/index.php?main\\_page=product\\_info&cPath=11\\_870&products\\_id=41923&zenid=a2289a7534cdc00156676617d5788e25](http://shop.dela.cz/index.php?main_page=product_info&cPath=11_870&products_id=41923&zenid=a2289a7534cdc00156676617d5788e25)
- [14] UV Sun Sensor Colour. *TeamBuy* [online]. [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://www.teambuy.ca/en/laval/28148782>
- [15] UV Sun Sensor Bands. *Wikideal* [online]. [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://www.wikideal.ca/deals/deal-409-UV-Sun-Sensor-Colour-Changing-Bands>
- [16] UV Watch. *Alibaba* [online]. [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: [http://szeverkingphotoelectrics.en.alibaba.com/product/369331689-209667333/Patented\\_Silicone\\_Color\\_Change\\_UV\\_Watch.html](http://szeverkingphotoelectrics.en.alibaba.com/product/369331689-209667333/Patented_Silicone_Color_Change_UV_Watch.html)
- [17] Mobile UV Sensor. *Decathlon* [online]. [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: [http://www.decathlon.co.uk/mobile-uv-sensor-id\\_8270675.html](http://www.decathlon.co.uk/mobile-uv-sensor-id_8270675.html)
- [18] VIKOVÁ, Martina. *Kolorimetrie funkčních barviv*. Liberec, 2009. Dostupné z: [http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni\\_Fyzika/Kolorimetrie%20funk%C4%8Dn%C3%ADch%20barviv.pdf](http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/Textilni_Fyzika/Kolorimetrie%20funk%C4%8Dn%C3%ADch%20barviv.pdf)
- [19] Photochromism. *Wikipedia* [online]. [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Photochromism?oldid=94865645>
- [20] Photochromism. *Quiz2.Chem* [online]. [cit. 2014-01-04]. Dostupné z: <http://quiz2.chem.arizona.edu/chem535/Photochromism.03.pdf>
- [21] KRYŠTŮFEK, Jiří a Jakub WIENER. *Barvení textilií I*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2008, 212 s. ISBN 978-80-7372-328-6.
- [22] MICHAL VIK. *Základy měření barevnosti*. Vyd. 1. Liberec: Technická univerzita, 1995. ISBN 80-708-3162-6.
- [23] CIE XYZ. *Wikipedie* [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/CIE\\_XYZ](http://cs.wikipedia.org/wiki/CIE_XYZ)
- [25] Teorie barev. *AZ reprodukce barev* [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z: <http://www.reprodukce-barev.org/>
- [28] UV lasery. *Megablog* [online]. [cit. 2013-10-19]. Dostupné z: <http://www.megablog.cz/lasery/zelene-a-uv-lasery/>
- [29] *Akomodace během vyšetření, vliv na výsledky měření: Oko jako optický systém* [online]. [cit. 2013-10-19]. Dostupné z:

[http://is.muni.cz/th/376298/lf\\_b/Akomodace\\_behem\\_vysetreni\\_refrakce.pdf](http://is.muni.cz/th/376298/lf_b/Akomodace_behem_vysetreni_refrakce.pdf).  
Bakalářská práce. MUNI.

[32] UV a kontakt. *Optometry* [online]. [cit. 2013-10-27]. Dostupné z:  
[http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/chandler\\_nichols\\_april\\_2011.pdf](http://www.optometry.co.uk/uploads/articles/chandler_nichols_april_2011.pdf)

[33] Ozónová vrstva. In: *OSU* [online]. [cit. 2013-10-27]. Dostupné z:  
[http://artemis.osu.cz/Student/OVSE\\_tex.pdf](http://artemis.osu.cz/Student/OVSE_tex.pdf)

[34] UV záření. *SZÚ* [online]. [cit. 2013-11-02]. Dostupné z:  
[http://www.szu.cz/uploads/documents/czzp/edice/plne\\_znani/plakaty/uv\\_zareni.pdf](http://www.szu.cz/uploads/documents/czzp/edice/plne_znani/plakaty/uv_zareni.pdf)

[35] UV index. *Global solar* [online]. [cit. 2013-11-02]. Dostupné z:  
[http://www.unep.org/pdf/Solar\\_Index\\_Guide.pdf](http://www.unep.org/pdf/Solar_Index_Guide.pdf)

[36] UV a oči. *Acuvue* [online]. [cit. 2013-11-02]. Dostupné z:  
<http://www.acuvue.cz/uv-a-oci>

[37] Spálená kůže. *OnaDnes* [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z:  
[http://ona.idnes.cz/spalena-kuze-od-slunicka-08u-  
/krasa.aspx?c=A120719\\_151455\\_krasa\\_sck](http://ona.idnes.cz/spalena-kuze-od-slunicka-08u-/krasa.aspx?c=A120719_151455_krasa_sck)

[38] Sluneční brýle. *Optika* [online]. [cit. 2013-11-22]. Dostupné z:  
<http://www.ocnioptik.eu/slunecni-bryle/>

[39] Předpověď UV. *Meteostanice OU* [online]. [cit. 2013-12-04]. Dostupné z:  
<http://pocasi.hovnet.cz/wxuvforecast.php>

[40] UV index. *Meteo* [online]. [cit. 2013-12-04]. Dostupné z:  
<http://www.meteo.sk/predpoved-pocasia/uv-index>

[41] UV index. *ČHMÚ* [online]. [cit. 2013-12-04]. Dostupné z:  
[http://www.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P10\\_0\\_Aktualni\\_situace/P10\\_1\\_  
Pocasi/P10\\_1\\_2\\_Evropa/P10\\_1\\_2\\_5\\_UV\\_index&last=false](http://www.chmi.cz/portal/dt?menu=JSPTabContainer/P10_0_Aktualni_situace/P10_1_Pocasi/P10_1_2_Evropa/P10_1_2_5_UV_index&last=false)

[43] KRUTSKÁ, Tereza. *Průzkum trhu v oblasti textilií chránících proti UV záření*.  
Liberec, 2006. Diplomová práce. TUL.

[44] O nás. *Alpine Pro* [online]. [cit. 2013-12-19]. Dostupné z:  
<http://www.alpinepro.cz/o-nas/t-184/>

[45] Přímý tisk. *Procentrumdesign* [online]. [cit. 2013-12-19]. Dostupné z:  
<http://procentrum.cz.smworks.stable.cz/cs/173-technologie/155-primy-tisk.html>

# Příloha